

Otimização das mudanças de produto e dos programas de higienização do Centro de Produção de Leça do Balio, Unicer

Inês Isabel Carona Junqueira

Mestrado em Bioquímica

Departamento de Química e Bioquímica

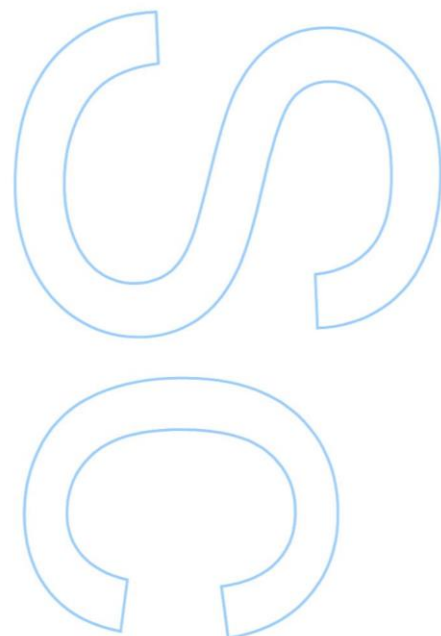
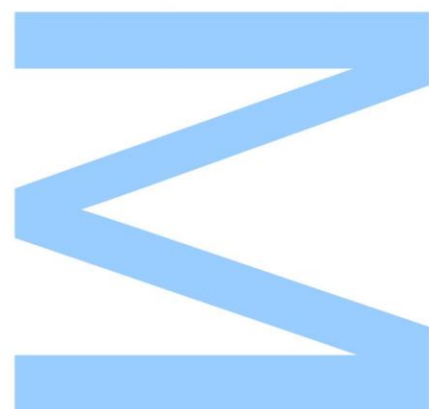
2016

Orientador

Luis Guilherme de Lima Ferreira Guido, Professor Auxiliar,
Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Portugal

Coorientador

Cláudia Teixeira, Técnica Superior de Qualidade,
Qualidade, Ambiente e Segurança,
Centro de Produção de Leça do Balio, Unicer, Portugal



*Para ser grande, sê inteiro: nada
Teu exagera ou exclui.*

*Sê todo em cada coisa. Põe quanto és
No mínimo que fazes.*

*Assim em cada lago a lua toda
Brilha, porque alta vive.*

Ricardo Reis, in "Odes"
Heterónimo de Fernando Pessoa

Agradecimentos

Aos meus pais e irmãos, obrigada por todos os esforços e apoio ao longo destes anos a seguir o meu sonho de estudar. À minha madrinha e à minha avó, obrigada por todas as semanas me lembrarem que com saúde e trabalho eu irei conseguir alcançar todas as minhas metas. A minha família é linda!

À engenheira Cláudia Teixeira o meu sincero agradecimento pela disponibilidade para orientar, ajudar, discutir e iluminar todas as minhas ideias, dúvidas e dificuldades ao longo de todo o estágio. Foi um prazer trabalhar consigo!

Ao professor Luís Guido, muito obrigada pela incondicional disponibilidade, ajuda e paciência apresentadas do início ao fim do trabalho desenvolvido!

À gestora Ana Bela Pinheiro agradeço a oportunidade de participar nos diversos projetos em que estive envolvida ao longo do último ano, assim como a orientação dos mesmos. Aprendi imenso e foi tudo para lá das minhas expectativas!

A todos os colaboradores da Unicer que conheci e com quem tive oportunidade de evoluir pessoal e profissionalmente, o maior dos obrigadas! Em particular: António Navarro; Catarina Lopes; Dulce Barata Feio; Fernando Sousa; Flávio Martins; Fábio Oliveira; Filipe Nogueira; Isabel Ávila; João Alberto Manoel; Joel Oliveira; Marina Alves; Nelson Marques; Nelson Moreira; Nuno Costa; Paulo Magalhães; Paulo Teixeira; Pedro Costa Pereira; Pedro Frias; Pedro Gonçalves; Pedro Machado; Pedro Silva; Rui Almeida; Rui Roque; Senhor Albino; Senhor Magalhães; Serafim Sales; Teresa Anjos; Tiago Marujo e todos os restantes técnicos das linhas de enchimento e da adega!! Obrigada pelo apoio e ajuda dispensada durante todos os ensaios; obrigada pela partilha de conhecimentos e experiências!

Aos Super Estagiários Ana Capitão; Ana Rita Silva; Catarina Borges; Daniel Rocha; Diogo Castro; Francisca Baia-Baia; Joana Silva; Jorge Teixeira; Maria Lascasas; Mariana Pereira; Miguel Duarte; Nuno Sousa; Pedro Farkas Silva; Sara Barreiro; Tiago Ferraz; obrigada por fazerem dos dias cinzentos, dias de Sol! Um bocadinho no meu coração será sempre vosso.

A todos os meus amigos que me apoiaram neste percurso e compreenderam as minhas ausências nos últimos meses, obrigada! Prometo que estou de volta e com um *pack* de *Super Bock* em cada mão!

Um obrigada especial ao meu companheiro e melhor amigo Gonçalo Cruz e às minhas melhores amigas Tatiana Baptista e Rita Santos, por me fazerem sempre rir nas horas negras e nunca me deixarem sentir sozinha. Os vossos abraços são o céu na Terra. Vocês também são lindos! Vocês também são família!

A todos, mais uma vez, mil vezes muito obrigada! Muita saúde e sucesso!!

Resumo

O presente relatório de estágio foi desenvolvido no âmbito da conclusão do Mestrado em Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, na empresa Unicer Bebidas de Portugal, SGPS, SA. O projeto desenvolvido visou a otimização das mudanças de produto e dos programas de higienização do centro de produção de Leça do Balio (CPLB), um dos oito centros de produção da Unicer.

O CPLB tem como principal atividade a produção de cervejas e sidras, desde o fabrico ao enchimento em garrafa, barril ou camião-cisterna. Entre mais de duas dezenas de produtos diferentes, encontram-se as cervejas e sidras aromatizadas que nos últimos anos viram a sua produção ser aumentada, uma vez que são cada vez mais apreciadas pelo consumidor.

Aquando das mudanças de produto é necessário assegurar que não ocorre mistura de produtos diferentes, sendo para isso efetuado o enxaguamento ou a higienização dos circuitos, tanques e equipamentos produtivos através de um sistema *Cleaning in Place (CIP)*. A higienização está também associada à necessidade de salvaguardar a segurança alimentar, fundamental numa indústria de bebidas, no sentido de minimizar o risco de contaminação biológica, química ou física do produto.

Os principais objetivos deste trabalho de otimização foram prevenir a destruição de produto acabado por mistura nas mudanças de produto, minimizar o consumo de soluções *CIP*, água e energia e aumentar a produtividade. Neste sentido foram identificados pontos críticos e testados novos procedimentos e parâmetros.

A higienização dos equipamentos após produtos aromatizados foi o foco da otimização dos *CIPs*. A composição destes produtos é mais complexa e a sua remoção exige o desenvolvimento de programas *CIP* específicos. Após investigação, concluiu-se que a higienização com uma solução de ácido peracético e peróxido de hidrogénio, em adição ao programa de *CIP* ácido já existente, permite a redução do número de *CIPs* após bebidas aromatizadas.

Com base nos resultados obtidos neste projeto, várias foram as alterações aplicadas no CPLB que permitem à empresa maior produtividade e rentabilização económica, concluindo-se que os objetivos de otimização foram alcançados.

Palavras-chave: cerveja, sidra, higienização, *clean in place*, *CIP*

Abstract

This internship report was developed as part of the conclusion of Master in Biochemistry in Faculdade de Ciências of Universidade do Porto, at the company Unicer Bebidas de Portugal, SGPS, SA. The project developed aimed the optimization of product changes and sanitization programs of Leça do Balio production center (CPLB), one of the eight Unicer production centers.

The CPLB is primarily engaged in the production of beers and ciders, from production to filling in bottle, barrel or tanker. Among more than two dozen different products are flavored beers and ciders, which in recent years have seen their production raised, since this are increasingly appreciated by consumers.

In product changes is necessary to ensure that does not occur mixture of different products. This is done through rinsing or cleaning of the circuits, tanks and production equipment with a Cleaning in Place system (*CIP*). The cleaning is also associated with food security, fundamental in the beverage industry to minimize the risk of biological, chemical or physical contamination of the products.

The main objectives of this optimization work were preventing the destruction of product by mixture in product changes, minimize consumption of *CIP* solutions, water and energy, and increase productivity. In this regard we identified critical points and tested new procedures and parameters.

The cleaning of equipment after flavored products was the focus of *CIP* optimization. The composition of these products is more complex and their removal requires the development of specific *CIP* programs. After investigation, it was found that the cleaning with a solution of peracetic acid and hydrogen peroxide, in addition to the existing acid *CIP* program, allows the reduction of the number of *CIP* after these products.

Based on the obtained results, several changes were implemented in CPLB that allow the company to greater productivity and economic profitability, concluding that the optimization objectives were achieved.

Key words: beer, cider, higienization, *clean in place*, *CIP*

Índice

Agradecimentos	3
Resumo	4
Abstract	5
Lista de Tabelas	9
Lista de Figuras	11
Lista de Abreviaturas	14
1. Introdução.....	15
1.1. Enquadramento e apresentação do projeto	15
1.2. Organização da tese.....	16
2. Centro de Produção de Leça do Balio	17
2.1. Fabrico	18
2.2. Adega.....	19
2.3. Enchimento.....	22
2.3.1. Linhas de Enchimento em Garrafa.....	22
2.3.2. Linhas de Enchimento em Barril.....	27
2.3.2.1. Linha de Barril TR.....	27
2.3.2.2. Linha de Barril TP	29
2.4. Qualidade	30
3. Higienização Industrial.....	31
3.1. <i>Cleaning in Place (CIP)</i>	32
3.2. Agentes de Limpeza <i>CIP</i>	35
3.2.1. Água	35
3.2.2. Detergentes	36
3.2.3. Desinfetantes	37
3.3. Otimização dos <i>CIPs</i>	38
4. Otimização das Mudanças de Produto nas Linhas de Garrafa.....	40

4.1.	Tipos de mudanças de produto.....	40
4.1.1.	Mudança de produto sem introdução de água	40
4.1.2.	Mudança de produto com introdução de água	41
4.1.3.	Mudança de produto com <i>CIP</i>	43
4.2.	Inícios e Fins de Enchimento	43
4.3.	Histórico 2014/2015 dos Inícios e Fins de Enchimento	44
4.3.1.	Linha 2	44
4.3.2.	Linha 3	45
4.3.3.	Linha 5	45
4.3.4.	Linha 6	46
4.4.	Planos de Ensaio e Metodologia.....	47
4.4.1.	Ensaio para avaliação dos inícios e fins de enchimento	47
4.4.2.	Ensaio para validação de mudanças com novos produtos	49
4.4.3.	Análises físico-químicas	49
4.5.	Resultados	50
4.5.1.	Primeira avaliação dos inícios e fins de enchimento.....	50
4.5.2.	Avaliação dos inícios e fins de enchimento após aumento do volume para retorno	52
4.5.3.	Avaliação dos inícios e fins de enchimento após aumento do volume para a enchedora	53
4.5.4.	Validação das mudanças com <i>Carsberg Nox</i>	54
4.5.5.	Validação das mudanças entre as diferentes <i>Somersby</i>	54
4.6.	Conclusões.....	55
5.	Otimização do <i>CIP</i> aos TCFs após Produtos Aromatizados.....	56
5.1.	Instalação <i>CIP</i> aos TCFs.....	56
5.2.	Programas <i>CIP</i> aos TCFs.....	58
5.3.	Planos de Ensaio e Metodologia.....	60
5.4.	Resultados	61

5.4.1. Ensaio para definição do volume de ácido necessário para a eliminação completa dos odores dos produtos aromatizados	61
5.4.2. Ensaios com o <i>CIP</i> desinfetante antes do <i>CIP</i> ácido.....	62
5.4.3. Ensaios para otimização do volume do passo de enxaguamento final do <i>CIP</i> ácido	64
5.5. Conclusões.....	65
6. Otimização dos <i>CIPs</i> às Linhas de Barril.....	68
6.1. Instalação <i>CIP</i> às Linhas de Barril	68
6.2. Programas <i>CIP</i> às Linhas de Barril.....	68
6.3. Plano de Ensaio	68
6.4. Resultados	69
6.4.1. Enxaguamentos no Barril TP.....	69
6.4.2. Enxaguamentos no Barril TR	70
6.5. Conclusões.....	73
7. Propostas de Melhoria e Trabalho Futuro	74
Bibliografia	75
Anexo 1 – Mudanças de Produto das Linhas de Garrafa do CPLB antes do trabalho realizado	77
Anexo 2 – Mudanças de Produto das Linhas de Garrafa do CPLB depois do trabalho realizado	78
Anexo 3 – Programa de CIP soda + esterilização da Linha Barril TP	79
Anexo 4 – Programa de CIP soda + ácido da Linha Barril TP	80
Anexo 5 – Programa de CIP soda + esterilização da Linha Barril TR	81
Anexo 6 – Programa de CIP soda + ácido da Linha Barril TR	82

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Parâmetros e volumes do programa de mudanças de produto (E1 e E2, respetivamente, enchedora 1 e 2)	43
Tabela 2 – Número de enchimentos e inícios/fins fora do intervalo da Linha 2 (2015)	44
Tabela 3 – Número de enchimentos e inícios/fins fora do intervalo da Linha 3 (2014/2015)	45
Tabela 4 – Número de enchimentos e inícios/fins fora do intervalo da Linha 5 (2015)	46
Tabela 5 – Número de enchimentos e inícios/fins fora do intervalo da Linha 6 (2014/2015)	46
Tabela 6 – Resultados dos primeiros nove ensaios para avaliação dos inícios e fins de enchimento; valores de extrato primitivo em graus plato (vermelho: resultados fora do intervalo de especificação)	51
Tabela 7 – Resultados dos ensaios para avaliação dos inícios e fins de enchimento após aumento do volume para retorno; valores de extrato primitivo em graus plato (vermelho: resultados fora do intervalo de especificação).....	52
Tabela 8 – Resultados dos ensaios para avaliação dos inícios e fins de enchimento após aumento do volume para a enchedora; valores de extrato primitivo em graus plato (vermelho: resultados fora do intervalo de especificação)	53
Tabela 9 – Composição do ácido e do desinfetante utilizados nas soluções CIP aos TCFs (%m/m)	57
Tabela 10 – Programa de CIP ácido aos TCFs no CPLB.....	59
Tabela 11 – Programa de CIP desinfetante aos TCFs do CPLB	60
Tabela 12 – Resumo dos resultados obtidos nos ensaios com o <i>CIP</i> desinfetante antes do <i>CIP</i> ácido.....	63
Tabela 13 – Programa de CIP desinfetante + ácido aos TCFs após produtos aromatizados no CPLB.....	66
Tabela 14 – Estimativa da poupança de químicos, água e tempo com o novo programa <i>CIP</i>	67
Tabela 15 – Atualidade e sugestões dos volumes dos enxaguamentos dos CIPs das linhas de barril.....	73

Tabela 16 – A: Mudança de produto sem introdução de água; B: Mudança de Produto com introdução de água;..... 77

Tabela 17 – A: Mudança de produto sem introdução de água; B: Mudança de Produto com introdução de água;..... 78

Lista de Figuras

Figura 1 – Esquema do Processo de Produção de Cerveja no Centro de Produção de Leça do Balio.	17
Figura 2 – Principais eventos bioquímicos mediados pela levedura durante a etapa de Fermentação.	20
Figura 3 – Cerveja não filtrada (à esquerda) e cerveja filtrada (à direita).	22
Figura 4 – Sequência de Equipamentos das Linhas de Enchimento em Garrafa.	23
Figura 5 – Garrafas a dar entrada na enxaguadora e/ou sopradora.	23
Figura 6 – Válvulas de enchimento e reservatório circular durante a etapa de enchimento rápido (amarelo: cerveja; azul claro: canal de gás de retorno; azul escuro: canal de gás de pressurização; côr-de-rosa: canal de vácuo).	24
Figura 7 – Pulverização das garrafas com água entre a enchedora e o capsulador. ..	25
Figura 8 – Pasteurizador de Túnel (1: zona de pré-aquecimento; 2: zona de aquecimento; 3: zona de pasteurização; 4: zona de pré-arrefecimento; 5: zona de arrefecimento).	26
Figura 9 – Vários tipos de embalagem secundária (da esquerda para a direita, respetivamente: tabuleiro com quatro packs de seis garrafas 0,33 L; pack de seis garrafas 0,25 L; caixa de 24 garrafas 0,33 L; pack de 10 garrafas 0,25 L).	27
Figura 10 – As oito estações de um módulo de enchimento; barris inox.	28
Figura 11 – À esquerda, pré formas; à direita, barril TP (PET) após sopragem.	29
Figura 12 – Seis etapas mais comuns de um processo de higienização.	31
Figura 13 – Aspensor para limpeza do interior de um tanque.	33
Figura 14 – Instalação CIP universal.	33
Figura 15 – Sequência típica de um ciclo de limpeza CIP.	34
Figura 16 – Tanque implodido.	36
Figura 17 – Depósitos de carbonato	36
Figura 18 – Mudança de produto com introdução de água - Passo 1: empurro da interface produto-água do fim de enchimento para retorno e para esgoto após válvula do retorno (castanho: produto em fim de enchimento; azul: água).	40

Figura 19 – Mudança de produto com introdução de água - Passo 2: empurro da água até à válvula do retorno para esgoto (azul: água; laranja: produto em início de enchimento).....	40
Figura 20 – Mudança de produto com introdução de água - Passo 3: empurro da interface produto-água do início de enchimento para retorno (azul: água; laranja: produto em início de enchimento).....	41
Figura 21 – Mudança de produto com introdução de água - Passo 4: empurro da água na tubagem até à enchedora para esgoto (azul: água; laranja: produto em início de enchimento).....	41
Figura 22 – Distribuidor de válvulas da enchedora (assinalado com um círculo a torneira de amostragem e com uma seta a tubagem por onde chega a cerveja).	47
Figura 23 – Localização da válvula que regula a direção do produto (retorno, esgoto, enchedora) antes da enchedora (assinalado com um círculo o local onde foi colocada a torneira de amostragem provisória).	48
Figura 24 – Beer Analyser da Anton Paar.....	49
Figura 25 – Resultados do acompanhamento para validação da mudança de produto com Carlsberg NOX.....	54
Figura 26 – Percentagem de inícios de enchimento fora da especificação 3 meses antes e 3 meses depois da alteração do volume de empurro de produto para a enchedora.....	55
Figura 27 – Desenho Técnico da Instalação CIP aos TCFs do CPLB.....	56
Figura 28 – Reação de produção de ácido peracético com ácido acético e peróxido de hidrogénio.....	58
Figura 29 – Peroxidação lipídica (degradação oxidativa dos lípidos).	58
Figura 30 – Resultados da análise sensorial ao enxaguamento inicial do CIP ácido ao TCF após Somersby.	61
Figura 31 – Resultados da análise sensorial ao ácido do CIP ácido ao TCF após Somersby.	62
Figura 32 – Amostras dos 60 aos 600 segundos de enxaguamento inicial do CIP desinfetante ao TCF após Somersby Maçã (ensaio 8).....	63
Figura 33 – pH em função do tempo de enxaguamento final do CIP ácido (ensaio 7).65	
Figura 34 – pH em função do tempo de enxaguamento final do CIP ácido(ensaio 8). 65	

Figura 35 – Ensaio 1: pH das amostras recolhidas no Bico 1 do enxaguamento final do CIP soda + ácido em função do volume de água fria (passo 21, fase 166).	69
Figura 36 – Ensaio 2: Temperatura das amostras recolhidas no bico 1 e registada no autómato durante o enxaguamento do CIP soda + esterilização em função do volume de água fria (passo22 ; fase 166).....	70
Figura 37 – Ensaio 3: Temperatura das amostras recolhidas no bico 1 e registada no autómato durante o enxaguamento do CIP soda + esterilização em função do volume de água fria (passo 22; fase 166).....	70
Figura 38 – Ensaio 4: pH das amostras recolhidas no retorno após módulos de enchimento do enxaguamento intermédio do CIP soda + esterilização em função do tempo de enxaguamento (passo 13, fase 292).	71
Figura 39 – Ensaio 4: temperatura das amostras recolhidas no retorno após módulos de enchimento e registada no autómato durante o enxaguamento final do CIP soda + esterilização em função do tempo de enxaguamento (passo 21, fase 167).	71
Figura 40 – Ensaio 5: temperatura das amostras recolhidas no retorno após módulos de enchimento e registada no autómato durante o enxaguamento final do CIP soda + esterilização em função do volume de água fria (passo 21, fase 167).	72
Figura 41 – Ensaio 6: pH das amostras recolhidas no Retorno após Módulos de enchimento do enxaguamento final do CIP soda + ácido em função do tempo de enxaguamento (passo 21, fase 167).....	72

Lista de Abreviaturas

ATP – Adenosina trifosfato

CIP – *Clean in place*

CPLB – Centro de Produção de Leça do Balio

EBI – *Empty bottle inspector*

EDTA – Ácido etilenodiamino tetra-acético

PET – Politereftalato de etileno

PVPP – Polivinilpolipirrolidona

TCF – Tanque de cerveja filtrada

Temp. – Temperatura

TP – Tara perdida

TR – Tara retornável

1. Introdução

1.1. Enquadramento e apresentação do projeto

Esta dissertação foi desenvolvida no Centro de Produção de Leça do Balio (CPLB) da Unicer Bebidas de Portugal, SGPS, SA e insere-se no âmbito do trabalho desenvolvido pelo departamento de Qualidade, mais concretamente pela área funcional dos Serviços Técnicos.

A Unicer é a maior empresa do setor das bebidas em Portugal e o maior exportador português de cervejas em mais de 50 países, sobretudo *Super Bock*, a cerveja portuguesa mais vendida no mundo; a sua atividade produtiva está distribuída de norte a sul do país, por oito centros de produção que se dedicam à produção de cervejas, sumos, refrigerantes, vinhos, sidras e à captação e engarrafamento de água. O CPLB é o responsável pela produção das mais de vinte cervejas e sidras diferentes.

O sucesso da Unicer está associado não só à qualidade das marcas que comercializa, mas também à constante aposta na inovação. Todos os anos são desenvolvidos e colocados no mercado novos produtos. No universo das bebidas em Portugal, a categoria das sidras é a que mais cresce, sendo que a cada dez sidras consumidas, nove são *Somersby* (produzida pela Unicer). As cervejas artesanais são outra tendência do mercado e, por isso, desde 2013 o CPLB produz a *Seleção 1927* na Oficina da Cerveja, tendo já sido disponibilizadas no mercado 16 edições limitadas.

O aparecimento destes novos produtos implica uma constante atualização dos procedimentos das mudanças de produto e dos programas de higienização dos circuitos, tanques e equipamentos produtivos, em virtude destes apresentarem uma composição diferente, tornando mais ou menos fácil a sua eliminação.

Após avaliação do histórico das análises efetuadas às primeiras e últimas garrafas de todos os enchimentos, verificou-se que, para além da necessidade de padronização dos procedimentos das mudanças de produto nas linhas de enchimento, era também necessária a otimização dos volumes do programa de início de enchimento, de forma a garantir que a interface água-produto é completamente enviada para retorno, assegurando assim que as primeiras garrafas cheias não têm o produto diluído. Este foi um dos principais focos de investigação deste projeto.

A limpeza dos tanques de armazenamento de produto após a presença de cervejas aromatizadas com frutas (*Super Bock Green* com limão; *Super Bock Tango* com groselha) e sidras revelou-se outro desafio. Idealmente, as superfícies em contacto com os produtos são limpas com uma solução de hidróxido de sódio (soda cáustica), pela sua eficácia na eliminação dos compostos orgânicos (Stanga, 2010).

No entanto, a atmosfera rica em dióxido de carbono (CO_2) dos tanques de armazenamento impede a utilização de soda cáustica devido aos riscos de formação de depósitos de carbonato de sódio e de implosão (Stanga, 2010). Em alternativa, é utilizada a limpeza ácida. O programa existente mostrava-se pouco eficiente na eliminação do odor dos produtos aromatizados e, por isso, no decorrer deste trabalho foram realizados ensaios industriais com o objetivo de desenvolver um novo programa de limpeza específico para estes produtos.

1.2. Organização da tese

No capítulo 1 introduz-se o projeto desenvolvido e explicita-se de forma sumária a organização desta dissertação.

No capítulo 2 faz-se uma exposição do processo industrial de produção de cerveja, visto que, o presente projeto foi realizado no centro de produção de cerveja da Unicer e o trabalho desenvolvido permitiu o contacto com as diversas áreas descritas. As sidras começaram a ser produzidas no CPLB apenas no final do estágio. Assim, não houve oportunidade de acompanhamento do processo de produção como o efetuado com a cerveja e, por isso, apesar da importância desse produto neste trabalho, este não é descrito neste relatório.

O capítulo 3 foi reservado para a exposição teórica do processo de higienização por meio de um sistema *CIP*.

No capítulo 5 relata-se o trabalho desenvolvido no âmbito da otimização das mudanças de produto nas linhas de garrafa do CPLB.

O trabalho descrito no capítulo 6 foi efetuado noutra área do CPLB, a Adega. Neste é descrito o desenvolvimento de um novo programa *CIP*.

No capítulo 7 é apresentado mais um trabalho de otimização *CIP*, a redução dos consumos de água nos programas *CIP* às linhas de barril.

O presente relatório é concluído no oitavo capítulo onde, de forma sumária, são propostas ações de melhoria futura no âmbito do trabalho realizado.

2. Centro de Produção de Leça do Balio

O Centro de Produção de Leça do Balio (CPLB) tem como principal atividade a produção de cervejas. As várias etapas da produção estão separadas por três áreas: Fabrico, Adega e Enchimento.

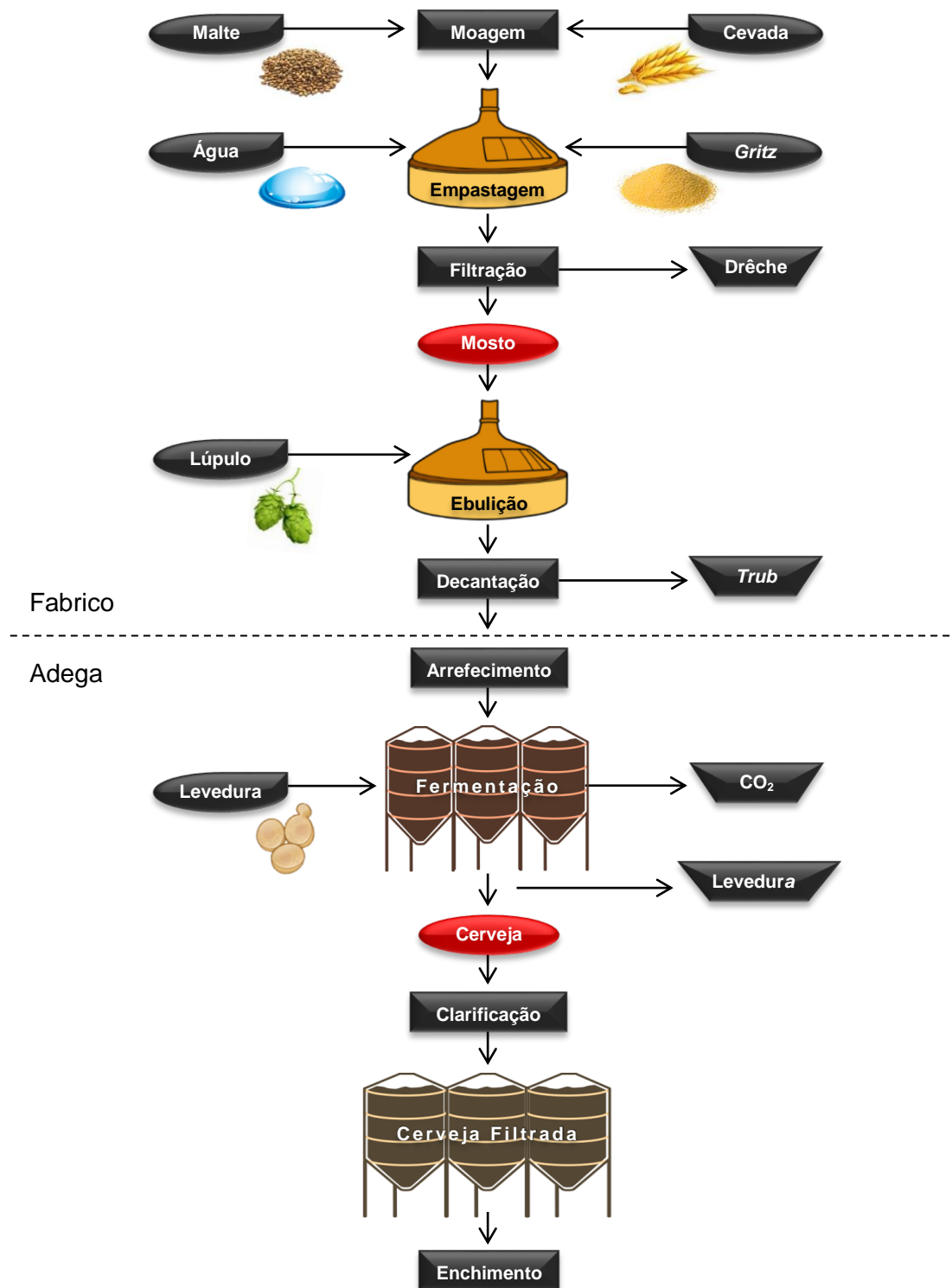


Figura 1 – Esquema do Processo de Produção de Cerveja no Centro de Produção de Leça do Balio.

2.1. Fabrico

Nesta área ocorre a primeira fase da produção, a fabricação do mosto.

À chegada à área do Fabrico as matérias-primas malte, cevada e *gritz* de milho são armazenadas em silos. O malte tem origem na germinação e posterior dessecação da cevada (maltagem), processo este que tem como objetivo a obtenção de enzimas de degradação do amido que só são produzidas durante a germinação. Os cereais não maltados possuem baixa quantidade de proteínas e elevado teor em amido, sendo utilizados para aumentar a concentração de açúcares no mosto (Fox, 2008). Outra matéria-prima é o lúpulo, a planta responsável pelo sabor amargo da cerveja (Cabrita, et al., 1985).

O fabrico começa com a moagem seca do malte e da cevada (o *gritz* de milho já tem o grau de moagem pretendido). Quanto mais pequenas forem as partículas obtidas maior será a sua dispersão na água, facilitando a mobilidade das enzimas que vão decompor o amido a açúcares fermentáveis. No entanto, este processo está otimizado de maneira a não serem obtidas partículas extremamente finas que possam dificultar o passo da filtração do mosto (Cabrita, et al., 1985).

A seguir, os cereais são enviados para caldeiras de empastagem onde se misturam com água quente e se inicia a brassagem. A brassagem consiste no aumento gradual da temperatura da calda, de maneira a serem respeitados os intervalos de temperatura ótima das enzimas de degradação. As proteases têm atividade enzimática até aos 60 °C e esta é ótima entre os 45 °C e os 55 °C, por isso, a temperatura inicial do processo é de aproximadamente 50 °C. O patamar seguinte, entre 60 e 65 °C, permite a atividade máxima da β -amilase e o último patamar, entre os 72 °C e os 78 °C, vai de encontro à temperatura ótima da α -amilase (Cabrita, et al., 1985). Ambas as amilases quebram a mesma ligação das cadeias de amilose e de amilopectina que constituem o amido, a ligação α -1,4 entre as moléculas de glucose adjacentes. No entanto, a α -amilase atua de forma aleatória, enquanto a β -amilase hidrolisa apenas as extremidades não redutoras das cadeias a maltose. Devido aos diferentes comprimentos das cadeias, outros açúcares são produzidos, tais como a glucose e a maltotriose. As ligações α -1,6 do amido sobrevivem à degradação enzimática como dextrinas. Estes são açúcares não fermentáveis que representam aproximadamente 30% do extrato total. O extrato total é uma medida da quantidade de açúcares presentes no mosto. A unidade utilizada é o grau plato; 1 grau plato representa 1 grama de açúcares por 100 gramas de mosto (Lewis, 2003).

Por tudo isto, a composição final da cerveja é dependente da temperatura, do pH (também importante para a atividade enzimática), do tempo em cada patamar e da

concentração das matérias-primas na etapa de empastagem (Lewis, 2003).

O passo seguinte, a filtração, tem como objetivo a separação das partículas sólidas não solúveis (a drêche) do mosto. Para isso, é utilizado um filtro de placas, composto por várias membranas filtrantes pelas quais se faz passar o mosto, ficando a drêche retida no espaço entre elas. No fim da filtração passa-se água quente para lavar a drêche e extrair o máximo de açúcares possíveis.

O mosto filtrado é pré-aquecido numa caldeira (tanque tampão) e posteriormente é enviado para a caldeira de ebulição, de maneira a que o aquecimento seja mais gradual. Através da fervura do mosto são inativadas enzimas remanescentes, mortos microorganismos (esterilização do mosto) e precipitados a maior parte das proteínas e polifenóis (*trub*). Além disso, concentra-se o mosto por evaporação de água, remove-se componentes voláteis indesejados e, mais importante ainda, efetua-se a isomerização de α -ácidos provenientes do lúpulo (que são insolúveis) para os solúveis iso- α -ácidos que atribuem o amargor à cerveja. Assim, não só o tipo de lúpulo, mas também o momento em que este é adicionado durante a ebulição irá influenciar o sabor do produto final. Também a desnaturação de proteínas durante a ebulição ajuda os polipéptidos que têm propriedades de estabilização da espuma (Lewis, 2003).

Terminada a ebulição é necessário eliminar o *trub* através de uma decantação. O mosto é deixado em repouso e o *trub* vai-se depositando no fundo cónico do decantador. O *trub* é recolhido e o mosto segue para as próximas fases na Adega.

2.2. Adega

Nesta área da produção ocorrem as etapas de fermentação, maturação, estabilização e clarificação (ou filtração) da cerveja.

O mosto chega à Adega a uma temperatura aproximada de 90 °C. Primeiro, é arrefecido para entre os 8 °C e os 17 °C, dependendo da levedura utilizada (escolhida conforme a cerveja pretendida), de modo a que a esta tenha as melhores condições para se desenvolver. Também é necessário o arejamento assético do mosto, com oxigénio puro ou ar esterilizado, para permitir a respiração da levedura. Garantidos estes passos, o mosto é enviado para as cubas de fermentação, chamadas cilindro-cónicas (pelo seu formato) e durante a transferência é inoculada a levedura. Existem várias estirpes de levedura utilizada, mais uma vez, dependendo da cerveja a produzir, mas todas elas são do género *Saccharomyces* (Cabrita, et al., 1985).

A fermentação é a etapa mais importante de todo o processo cervejeiro, durante a qual as leveduras transformam os açúcares fermentescíveis do mosto em

etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) e dióxido de carbono (CO_2). Formam-se ainda outros compostos que atribuem propriedades organoléticas à cerveja como, por exemplo, ésteres através da esterificação de ácidos gordos (Lewis, 2003).

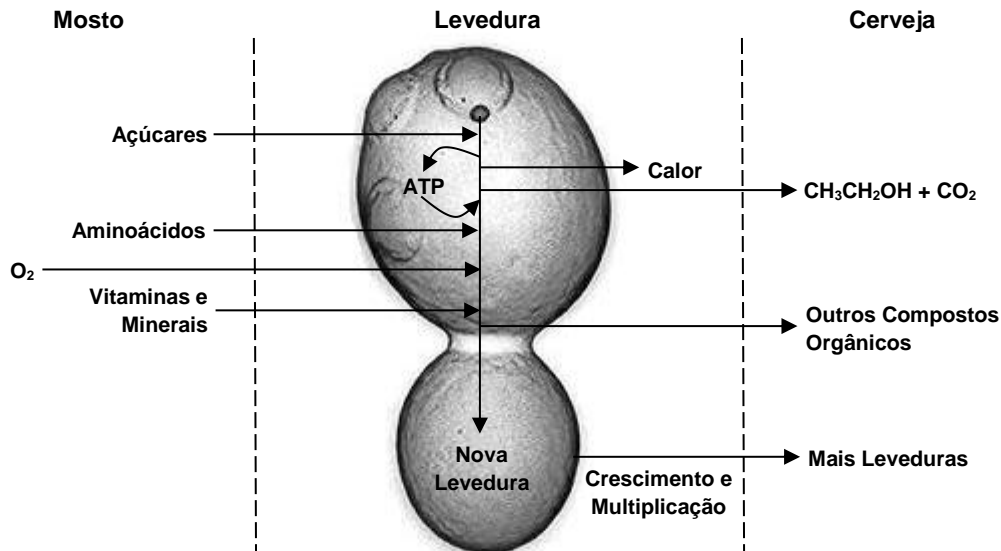
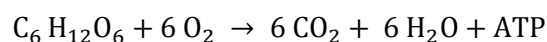
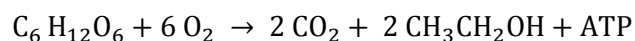


Figura 2 – Principais eventos bioquímicos mediados pela levedura durante a etapa de Fermentação.

A fermentação divide-se em 4 fases distintas. Na primeira fase, denominada de fase *lag*, as leveduras adaptam-se ao novo meio; consomem o O_2 do mosto e utilizam as suas reservas de glicogénio como fonte de energia, em virtude de a assimilação de açúcares ser praticamente inexistente. Também absorvem aminoácidos, vitaminas e minerais presentes no mosto e produzem enzimas e constituintes da parede celular necessários ao seu crescimento e à sua reprodução (Lodolo, et al., 2008).



A fase seguinte é a fase de crescimento, caracterizada pela multiplicação intensa das células de levedura. À medida que todo o O_2 é consumido e a levedura entra em condições de anaerobiose, transporta os açúcares do mosto para o seu interior e inicia a fermentação. A oxidação da glucose e da frutose a piruvato e a sua metabolização pela fermentação alcoólica resulta na produção de etanol e CO_2 (Lodolo, et al., 2008). O CO_2 produzido é reencaminhado para a área da Recuperação de Energia onde é purificado, sendo possível a sua utilização, nomeadamente, no ajuste da carbonatação da cerveja no final da produção ou para venda.



A última fase, chamada fase estacionária, ocorre quando já não existem açúcares fermentescíveis na cerveja e começam a depositar-se no fundo cónico da

cuba agregados de levedura (floculação). Algumas leveduras podem começar a flocular prematuramente e, por isso, é importante verificar o grau de atenuação (medida do consumo de açúcares) para se confirmar que a levedura completou a fermentação (Lodolo, et al., 2008).

No final da fermentação procede-se à recolha da levedura e ao seu armazenamento em tanques de *Stockagem*. É possível utilizá-la novamente para semear novos mostos, mas não continuamente. Ao fim de, em média, oito fermentações a levedura é tratada e vendida para ração animal.

Novas gerações de levedura são geradas em tanques de Propagação, onde se coloca mosto inoculado com levedura, com as melhores condições possíveis ao seu desenvolvimento. Ao longo do tempo, são efetuadas análises para se saber o número de células viáveis e assim se calcular a quantidade a adicionar às fermentações das várias cervejas. Estas leveduras provêm de uma cultura pura armazenada no laboratório e aí propagada em menor escala.

Confirmado o fim da Fermentação, inicia-se a fase de Maturação. Nesta fase estão presentes na cerveja alguns compostos que lhe atribuem um sabor desagradável (*off-flavours*) e que necessitam de ser reduzidos ou removidos. Um desses *off-flavours* é o diacetilo produzido pela levedura a partir do piruvato (confere um sabor a manteiga rançosa). Uma primeira redução da temperatura até mais ou menos aos 7 °C favorece a decomposição do diacetilo pela levedura a acetoína e a butanodiol (de sabor neutro) (Lodolo, et al., 2008). De seguida, um segundo arrefecimento até mais ou menos -1 °C leva os polipéptidos e os polifenóis presentes na cerveja a precipitar, facilitando assim a sua remoção na etapa seguinte, a Filtração (ou Clarificação). A sua eliminação melhora a estabilidade coloidal da cerveja, dado que a presença destes compostos no produto final iria causar turvação, o que não vai de encontro aos requisitos do mercado de um produto límpido, transparente e brilhante. A depressão térmica também ajuda à sedimentação da restante levedura em suspensão.

Todo o processo de filtração da cerveja deve ser operado mantendo as baixas temperaturas e na ausência de O₂. A presença de O₂ na cerveja desencadeia reações de oxidação que resultam na produção de compostos prejudiciais ao sabor e à estabilidade da cerveja. Por exemplo, o *trans*-2-nonenal formado por oxidação lipídica atribui-lhe sabor a cartão e a oxidação dos polifenóis contribui para um aumento da cor e da adstringência (O'Rourke, 202).

A filtração inicia-se com uma centrifugação, com a qual se elimina o que resta de levedura e partículas em suspensão, facilitando desta forma a filtração que se segue. O próximo equipamento de clarificação é o filtro de velas ou filtro de *kieselghur*.

O filtro de velas é constituído por cilindros de aço inoxidável com um meio filtrante. O meio utilizado é uma suspensão de terra de diatomáceas ou *kieselghur*. As partículas responsáveis pela turvação ficam retidas no leito filtrante e passa através deste apenas a cerveja límpida. A quantidade de turvação dita a quantidade de *kieselghur* a adicionar, sendo tanto maior quanto mais turva se encontrar a cerveja (Cabrita, et al., 1985).

Na seguinte fase da filtração a cerveja é encaminhada para o filtro de placas ou filtro PVPP (poli-vinil-poli-pirrolidona). O PVPP é um adjuvante da filtração adicionado à cerveja após esta sair do filtro de *kieselghur*, que atrai os polifenóis que são retidos no filtro, evitando assim a formação de turvação a longo prazo (Cabrita, et al., 1985).



Figura 3 – Cerveja não filtrada (à esquerda) e cerveja filtrada (à direita).

O último elemento clarificador são os filtros *trap* utilizados com o intuito de refinar a operação de clarificação, já que estes são capazes de realizar uma filtração rigorosa e de remover microrganismos (Cabrita, et al., 1985).

Antes da passagem pelos filtros *trap*, podem ser adicionados à cerveja aditivos como, por exemplo, o metabissulfito de potássio, um captador de O_2 para eliminar aquele que possa ter entrado na linha de filtração. Também se adiciona o CO_2 anteriormente recuperado, caso seja necessário ajustar o seu valor para o pretendido no produto final e água desarejada, com o intuito de afinar os valores de todos os parâmetros físico-químicos que caracterizam a cerveja, tais como a cor, o extracto, o álcool, o amargo e o pH.

Por fim, a cerveja filtrada é armazenada em Tanques de Cerveja Filtrada (TCFs) e está pronta para ser enviada para o enchimento.

2.3. Enchimento

No CPLB as cervejas e as sidras podem ser cheias em garrafa, barril ou em camiões-cisterna (*beer-drive*). O enchimento em garrafa ou barril é efetuado nas chamadas linhas de enchimento. Uma linha de enchimento consiste num conjunto de equipamentos ordenados que recebem, inspecionam, enchem e reencaminham para o armazém os vasilhames. O CPLB tem seis linhas de enchimento, duas de enchimento em barril e quatro de enchimento em garrafa, apresentando entre elas diferenças nos equipamentos e procedimentos.

2.3.1. Linhas de Enchimento em Garrafa



Figura 4 – Sequência de Equipamentos das Linhas de Enchimento em Garrafa.

Todas as linhas de enchimento em garrafa do CPLB têm uma estrutura em comum (figura 4). As principais diferenças estão associadas à existência de dois tipos de garrafa. As garrafas de Tara Perdida (TP) são garrafas novas vindas do fabricante, cujo destino final depende do consumidor. As garrafas de Tara Retornável (TR), tal como o nome indica, após consumo do produto retornam ao CPLB e são reutilizadas.

As garrafas chegam à linha de enchimento organizadas em paletes, por isso, o primeiro passo é a despaletização e, no caso das garrafas TR, desengradamento das mesmas.

As garrafas TR são encaminhadas para a lavadora onde se procede à remoção dos rótulos e à sua lavagem e desinfecção. No interior da lavadora as garrafas passam por uma pré-lavagem com água quente, transitam para uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) quente e no final são enxaguadas com água fria.

Entretanto, as garrafas passam por um Inspetor de Vazio (*EBI - Empty Bottle Inspector*), que faz a rejeição daquelas que não se encontram dentro dos parâmetros de higienização exigidos (com vestígios de cola ou rótulos, resíduos no interior, etc) ou que apresentam defeitos (eventuais quebras ou deformações do vidro).

A enxaguadora e/ou sopradora está imediatamente antes da enchedora, sendo parte integral da máquina de enchimento. Nesta as garrafas são viradas para baixo (figura 5) e pulverizadas com água e/ou ar estéreis. Assim, garante-se a eliminação de poeiras que possam eventualmente existir no interior da garrafa. As garrafas voltam à posição vertical e são recebidas pela enchedora.



Figura 5 – Garrafas a dar entrada na enxaguadora e/ou sopradora.

A enchedora é o equipamento mais relevante, pois contacta diretamente com o produto no processo complexo que

é o enchimento. Durante este é necessário obter o volume correto de líquido dentro da garrafa e preservar a qualidade da cerveja, sendo fundamental manter a concentração de CO_2 e o impedir a entrada de O_2 (Briggs, et al., 2004). Para isso, realiza-se o enchimento em contrapressão, por meio das seguintes etapas:

1. Pré-evacuação;
2. Enxaguamento com CO_2 ;
3. Evacuação;
4. Enxaguamento com CO_2 ;
5. Pós-evacuação;
6. Pressurização parcial;
7. Pressurização;
8. Enchimento rápido;
9. Correção do enchimento rápido;
10. Enchimento de travagem;
11. Correção do nível de enchimento;
12. Fim do enchimento e repouso;
13. Pré-descarga;
14. Despressurização final.

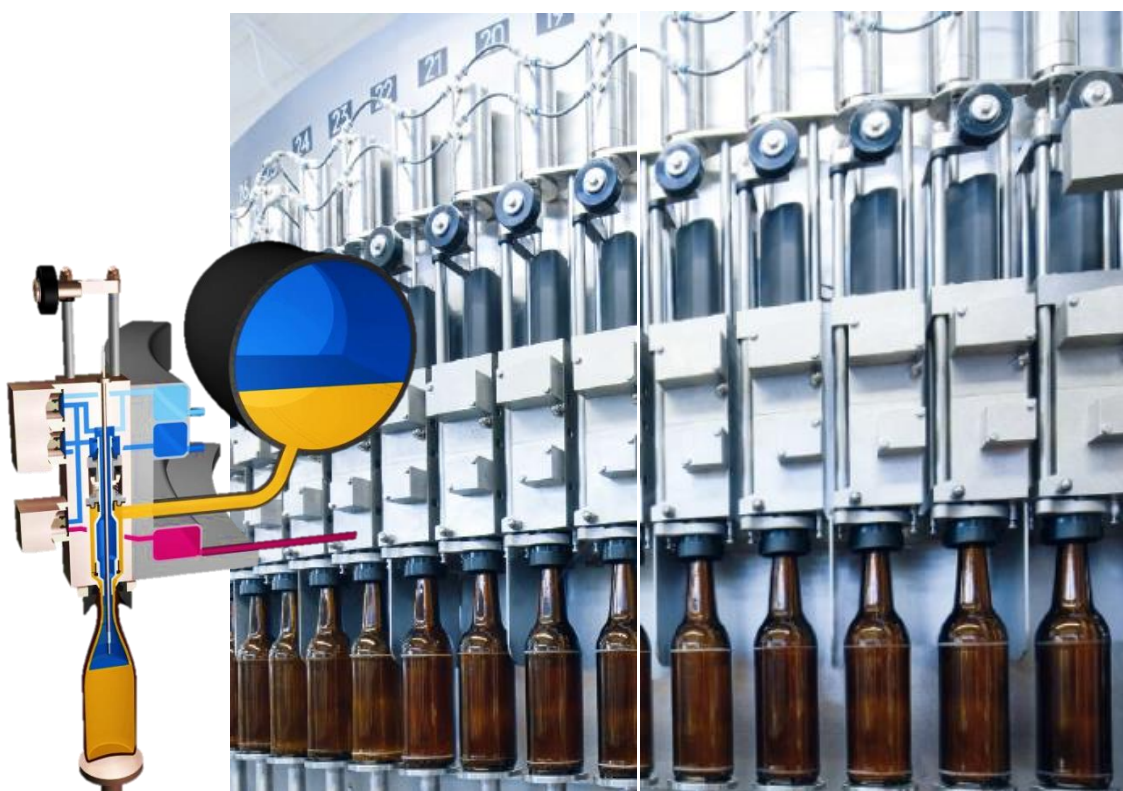


Figura 6 – Válvulas de enchimento e reservatório circular durante a etapa de enchimento rápido (amarelo: cerveja; azul claro: canal de gás de retorno; azul escuro: canal de gás de pressurização; côr-de-rosa: canal de vácuo).

Depois de posicionadas na válvula de enchimento, as garrafas são pressionadas de maneira a ficarem vedadas ao contacto com a atmosfera. É então aberta a via de gás para o canal de vácuo. A subpressão no canal de vácuo aspira o ar e gera vácuo na garrafa (evacuação). Depois, é aberta a via de gás para o canal de gás de retorno, de onde flui CO_2 para a garrafa. Este enxaguamento é repetido após uma segunda evacuação, seguido de uma pós-evacuação. Durante a pressurização é aberta a via de gás para o canal de pressurização. O CO_2 flui da caldeira anelar (ou cuba) pelo canal de gás de retorno para a garrafa, até que esta esteja pré-carregada para a pressão no canal de gás de pressurização. De seguida, é aberto o canal de líquido que liga a válvula de enchimento à caldeira anelar, de onde o produto flui para a garrafa. O produto pressiona o CO_2 de volta para o canal de gás de pressurização. Este passo, chamado enchimento rápido, termina com o primeiro contacto da ponta da sonda com o produto. Depois, fecha-se a via de gás e dessa forma, a velocidade de enchimento diminui e o gargalo das garrafas enche-se lentamente. O canal de líquido fecha aquando de um segundo contacto da cerveja com a sonda. No fim do enchimento a via de gás para o canal de pressurização abre mais uma vez. A pressão um pouco mais alta neste canal impede a formação de espuma no gargalo. Entretanto, fecha-se o canal de pressurização e abre-se o canal de gás de retorno, libertando-se a pressão na garrafa. Por fim, é efetuada a abertura do canal de vácuo que provoca a despressurização final e a garrafa é retirada do elemento de enchimento (KHS).

É essencial que no caminho para o capsulador seja eliminado o ar no espaço da cabeça da garrafa, para evitar a subsequente oxidação da cerveja. Isto é feito, pulverizando alguns microlitros de água estéril sobre cada garrafa, provocando a espumagem da cerveja até à ponta da garrafa, dissipando o O_2 e impedindo qualquer entrada posterior (Briggs, et al., 2004).



Figura 7 – Pulverização das garrafas com água entre a enchedora e o capsulador.

Logo após serem capsuladas, as garrafas passam no Inspetor de Nível, que rejeita as que não têm o nível de enchimento correto (nível insuficiente vai contra o que está estipulado por lei e que é expectado pelo consumidor; nível excessivo, além de representar prejuízo para a empresa, pode provocar o rebentamento das garrafas no pasteurizador). As garrafas aceites pelo inspetor vão para o Pasteurizador.

A melhor forma de fornecer ao cliente cerveja isenta de microrganismos é tratá-la no último momento possível, após esta estar na embalagem fechada, isolada da

exposição à atmosfera até ao momento do consumo. Isto é conseguido através da pasteurização das garrafas capsuladas. O pasteurizador é o maior equipamento das linhas de enchimento de garrafa. Este é um túnel que pulveriza as garrafas que o percorrem com água a várias temperaturas. Numa primeira fase as garrafas são gradualmente aquecidas até uma temperatura que ronda os 60 °C, depois são mantidas a essa temperatura por um período de tempo na ordem dos minutos e, por fim, são arrefecidas novamente de forma gradual até à temperatura ambiente. Os valores de tempo e temperatura definidos dependem das características da bebida a pasteurizar, principalmente da quantidade de álcool, sendo as cervejas sem álcool as que demoram mais a ser pasteurizadas. Temperaturas mais altas permitiriam períodos de tempo mais curtos, mas tendem a afectar o sabor da bebida e, portanto, são utilizadas temperaturas mais baixas com tempos mais longos (Briggs, et al., 2004).

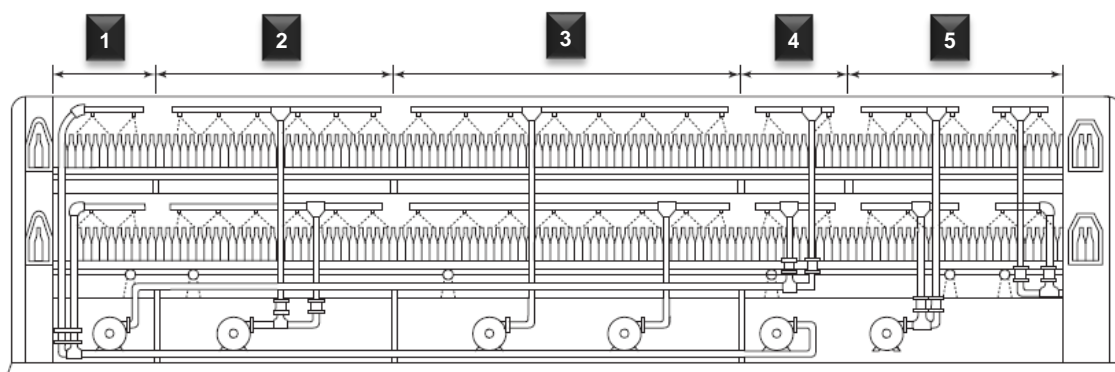


Figura 8 – Pasteurizador de Túnel (1: zona de pré-aquecimento; 2: zona de aquecimento; 3: zona de pasteurização; 4: zona de pré-arrefecimento; 5: zona de arrefecimento) (Briggs, et al., 2004).

Após a pasteurização as garrafas seguem para a Rotuladora onde são decoradas com o rótulo, o contra-rótulo e/ou a gargantilha, essenciais para fornecer informações sobre o produto ao consumidor (por exemplo, a validade) e associar as garrafas à marca.

De seguida, as garrafas TR vão para a engradadora e as TP para a encartonadora. A engradadora, tal como o seu nome indica, é a máquina que coloca as garrafas TR nas grades de plástico, com 24 ou 30 garrafas. Já as garrafas TP podem ter diferentes tipos de embalagem secundária. A encartonadora pode estar carregada com *packs* e tabuleiros ou caixas para diferentes números de garrafas (exemplos na figura 9).

As embalagens secundárias são organizadas pela paletizadora em paletes, que são rodeadas com filme plástico pela envolvente, assegurando-se assim a sua estabilidade durante o transporte.



Figura 9 – Vários tipos de embalagem secundária (da esquerda para a direita, respetivamente: tabuleiro com quatro packs de seis garrafas 0,33 L; pack de seis garrafas 0,25 L; caixa de 24 garrafas 0,33 L; pack de 10 garrafas 0,25 L).

Por fim, a etiquetadora coloca duas etiquetas na palete para que esta possa ser identificada no armazém onde são guardadas até serem expedidas.

2.3.2. Linhas de Enchimento em Barril

Tal como as garrafas, também existem barris de tara retornável, que são de poliuretano, revestido ou não com inox, de 30 ou 50 litros, e barris de tara retornável feitos de politereftalato de etileno (PET), de 5, 10 e 20 litros. No CPLB existe uma linha de barril para cada tipo de tara e estas apresentam grandes diferenças entre elas.

Em comum, têm a pasteurização *flash*. Não seria exequível um pasteurizador túnel para barris, tendo em conta o tamanho e tipo de material do barril *versus* garrafa, sendo o pasteurizador *flash* a alternativa. Este consiste num permutador de calor que eleva a temperatura do produto até à temperatura de pasteurização através da passagem deste em contra-corrente com água quente ou vapor. Depois, o produto mantém-se à temperatura a que foi aquecido num tubo (*holding*) por alguns segundos e, de seguida, passa em contra-corrente com água glicolada, o que provoca o seu arrefecimento (Briggs, et al., 2004). A cerveja pasteurizada é então enviada para um tanque (tanque tampão) onde é armazenada até ir para os módulos de enchimento.

Tendo em conta que a pasteurização é realizada antes do enchimento, é fundamental que os barris estejam estéreis para receber o produto e que o enchimento seja uma operação asséptica, de maneira a ser mantida a isenção de microrganismos.

2.3.2.1. Linha de Barril TR

Também os barris TR são transportados em paletes e, portanto, no início da linha encontra-se uma despaletizadora que coloca os barris no tapete transportador; depois um braço mecânico reconhece a sua posição e roda aqueles que não estiverem virados para baixo, de forma a estarem todos na posição correta para serem recebidos pelos equipamentos a seguir.

É necessário preparar os barris que vêm do mercado para neles introduzir

novamente o produto. Para começar, os barris entram num túnel onde são atingidos com jatos de água quente com desincrustadores, inibidores de corrosão e soda cáustica, que eliminam a sujidade exterior.

De seguida, os barris entram na pré-lavadora, responsável pela primeira lavagem interior do barril, através da injeção de 5 a 8 litros de uma solução de NaOH.

O barril segue depois para um dos seis módulos de enchimento, que estão divididos em oito estações (figura 10), cada uma com funções diferentes:

1. Espera (o tempo é essencial para a ação das soluções de limpeza);
2. Enxaguamento com a primeira solução de NaOH (2 - 3%);
3. Enxaguamento e pré-enchimento com a segunda solução de NaOH;
4. Espera com a segunda solução de NaOH (1,7 - 2,7%);
5. Novo enxaguamento com a segunda solução de NaOH;
6. Enxaguamento com água quente;
7. Esterilização com vapor, seguido de enchimento com CO₂;
8. Enchimento do barril com o produto (cerveja ou sidra).



Figura 10 – As oito estações de um módulo de enchimento; barris inox (KHS).

Após o enchimento, os barris passam numa balança com a qual se efetua um primeiro controlo do volume de enchimento. Os barris com o peso fora do intervalo definido como aceitável são enviados para a zona de rejeição. No mesmo tapete está colocada uma câmara que, através da análise das fotos que tira à vareta (local de ligação do extrator aos barris), deteta se existem fugas de cerveja. Se estas existirem, o barril é enviado para a mesma zona de rejeição dos barris rejeitados por peso.

De seguida, é realizado um segundo e mais apertado controlo do volume de

enchimento por um inspetor de raios gama. Mais uma vez, se o barril não se apresentar com o nível de enchimento correto, é rejeitado.

No capsulador, a vareta é capsulada e é feita a impressão do lote de enchimento e da data de validade máxima do produto cheio.

Por último, os barris são etiquetados e agrupados em paletes, que são etiquetadas e envolvidas com filme estirável, tal como as paletes de garrafas.

2.3.2.2. Linha de Barril TP

Ao contrário da linha de barril TR, que tem um elevado grau de automatização, a linha TP envolve várias operações manuais.

Os barris chegam à linha de enchimento no formato de pré-formas. Estas são introduzidas num equipamento que opera a temperaturas entre os 80 °C e os 120 °C, que tornam o PET moldável. Neste as pré-formas são sopradas com ar comprimido filtrado até ser obtida a forma final do barril TP. Este método permite o transporte do barril num tamanho reduzido e as



Figura 11 – À esquerda, pré formas; à direita, barril TP (PET) após sopragem.

altas temperaturas tornam-no estéril, tal como pretendido.

É o operador que coloca os barris recém-formados num dos encaixes dos três bicos de enchimento disponíveis e depois de cheios efetua a sua capsulagem manualmente. Por fim, o operador é ainda responsável por colocar os barris nas caixas de cartão que chegam num transportador até à enchedora, anteriormente entregues planificadas pelo fornecedor, montadas por uma encartonadora e identificadas por um laser com o lote de enchimento e a data de validade do produto a em enchimento. A caixa é fechada por um equipamento automático que aplica cola nas abas superiores da mesma, pressionando-as de seguida.

Tal como na linha de barril TR, o volume do barril é controlado através de uma balança em linha. Os barris cujo peso não seja o especificado, provocam uma paragem automática do sistema de transporte, indicando assim a necessidade de serem removidos da linha manualmente pelo operador.

Um outro operador coloca as caixas prontas numa paleta e envolve-as com filme. As paletes são etiquetadas e estão assim prontas para irem para o armazém.

2.4. Qualidade

O sucesso da Unicer está profundamente associado à qualidade das marcas que comercializa. O departamento da Qualidade controla os processos de compras, produção e distribuição, de forma a garantir que o consumidor recebe o produto em perfeita conformidade com as intenções e as especificações definidas pela administração da empresa.

Uma das funções mais importantes da Qualidade é providenciar assistência técnica à área da produção, encontrando solução para problemas operacionais relacionados com a qualidade. Neste sentido, existe a equipa dos Serviços Técnicos.

Os responsáveis por esta área monitorizam todo o processo produtivo, desde a aceitação de matérias-primas até ao desenvolvimento de materiais de embalagem.

Também é da responsabilidade dos Serviços Técnicos a otimização de processos no sentido da rentibilização económica e do aumento da produtividade.

Outra área integrante da Qualidade e de extrema importância para a área da produção é o Laboratório Central. Este laboratório analisa todas as fases da produção das cervejas e sidras, assim como produtos de outros centros de produção da Unicer. Também é aqui que são analisadas as matérias-primas e os materiais de embalagem. O Laboratório Central realiza ainda auditorias, bem como análises às reclamações dos clientes, identificando os causadores dos motivos de insatisfação.

3. Higieneização Industrial

Na indústria alimentar, a segurança do consumidor é crucial para o sucesso de uma marca. Na elaboração eficiente de bebidas de qualidade e seguras é fundamental a higieneização dos colaboradores, das instalações, dos equipamentos e dos utensílios de produção. Assim, a higieneização tem de ser tida em conta a todos os níveis, incluindo aquando da seleção de instalações e equipamentos, da formação dos técnicos/operadores, da escolha de fornecedores, etc. A implementação de programas de higieneização é também um dever das empresas, uma vez que está em vigor legislação com requisitos relativos à higieneização de um estabelecimento de produção alimentar, que visa proteger a saúde dos consumidores (Foster, et al., 2003).

Higieneização é um conceito que engloba os procedimentos de limpeza e desinfeção, com os quais devem ser removidos todos os resíduos indesejados, que podem ser restos de produto, substâncias químicas, corpos estranhos e microrganismos. O processo de limpeza consiste na remoção das partículas residuais das superfícies, enquanto a desinfeção visa a destruição dos microrganismos. Deve ser prestada especial atenção à eliminação dos microrganismos patogénicos, que podem pôr em causa a saúde do consumidor, e dos que podem promover a deterioração do produto (Saraiva, 2011).

No desenvolvimento de um programa de higieneização é necessário compreender a natureza dos resíduos a ser removidos, a quantidade dos mesmos e o tipo e estado das superfícies a higienizar, para se escolher os métodos e os produtos mais adequados. Corrosão, fendas e desgaste das superfícies tornam a higieneização mais difícil. Idealmente, as superfícies em contacto direto com os produtos alimentares devem ser atóxicas, não absorventes, não porosas e não corrosivas. Durante a higieneização a integridade destas deverá ser respeitada e no final deverá haver o cuidado de eliminar qualquer químico utilizado no processo. A sequência de higieneização deve ainda ter em conta o nível de higieneização pretendido e o tempo disponível, assim como prevenir a recontaminação (Foster, et al., 2003). Na figura 12 são apresentadas as 6 etapas mais comuns de um processo de higieneização.

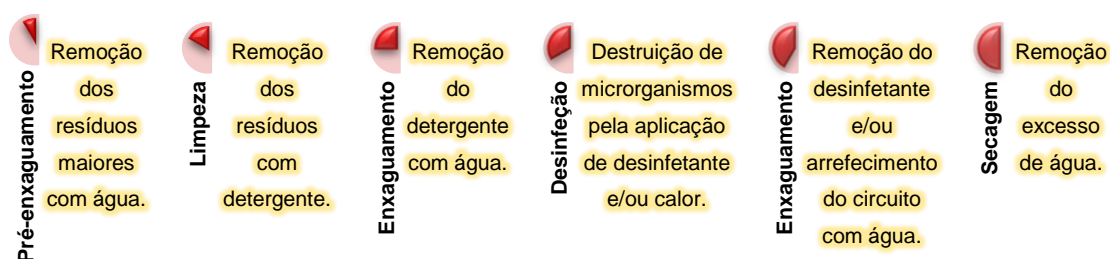


Figura 12 – Seis etapas mais comuns de um processo de higieneização (Stanga, 2010).

A limpeza é iniciada com um primeiro enxaguamento (passagem de água pelo circuito) que remove partículas e alguns microrganismos por arrastamento. Depois, aplica-se o detergente que vai atuar sobre os resíduos, reduzindo a sua adesão às superfícies. Um segundo enxaguamento é efetuado para eliminar o detergente e as partículas entretanto libertadas. Posteriormente, é aplicado o desinfetante e/ou água quente para a eliminação de microrganismos, seguido de novo enxaguamento para mais uma vez remover o químico aplicado e/ou arrefecer o circuito. Finalmente, é realizada a remoção da água em excesso, visto que a humidade residual favorece o crescimento de microrganismos (Stanga, 2010).

3.1. *Cleaning in Place (CIP)*

Cleaning in Place é a designação atribuída à higienização dos equipamentos através da passagem de soluções de limpeza e/ou desinfecção em circuito fechado. Este sistema é usado para remover o produto residual, incrustações e microrganismos que se encontram na linha do processo de produção (Chisti, 1999).

Com este sistema é possível a higienização de tanques e tubos sem ser necessário a desmontagem e remontagem dos diferentes componentes do circuito de produção, reduzindo as probabilidades de contaminação e de danos durante a remontagem dos equipamentos. Outras vantagens dos sistemas *CIP* são a redução de custos com a higienização, uma vez que o processo é mais facilmente otimizado de forma à operação ser o mais económica possível (por exemplo, através do controlo exato das quantidades de água e detergentes utilizada, sendo ainda possível a sua reciclagem); o aumento da segurança dos trabalhadores, em virtude de deixar de ser necessário que estes entrem nos tanques para os limpar, sendo eliminado o risco de quedas em superfícies escorregadias e o contacto com atmosferas e químicos perigosas(os); a menor necessidade de colaboradores, dependendo do grau de automação do sistema; no geral, a higienização é mais consistente/reprodutível. Desta forma são compensadas algumas desvantagens dos sistemas *CIP* como o custo elevado de instalação, justificando-se apenas em empresas de grandes dimensões; a necessidade de manutenção e a maior inflexibilidade dos equipamentos (Lelieveld, et al., 2003).

A quantidade e variedade dos componentes de um sistema *CIP* difere com a complexidade dos programas de higienização desenvolvidos. Não obstante, existem equipamentos constantes numa instalação *CIP* (figura 14):

1. Tanques de armazenamento das soluções *CIP*;
2. Bomba de avanço, responsável pelo envio das soluções até aos locais

a higienizar a uma velocidade constante;

3. Permutadores de calor, para o aquecimento dos agentes de limpeza;
4. Sistema de tubagens de avanço, encarregues da comunicação entre a unidade *CIP* e os pontos a higienizar;
5. Bomba de retorno, que garante a sucção das soluções já circuladas no local a ser higienizado, para o esgoto ou de volta aos tanques de armazenamento, sendo assim efetuada a sua reciclagem;
6. Sistema de tubagens de retorno, que permitem a condução das soluções que já foram utilizadas para os locais definidos;
7. Dispositivos aspersores (figura 13), que permitem uma distribuição mais homogénea das soluções pelas superfícies a ser higienizadas (Berk, 2009).

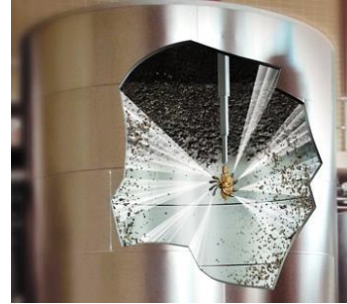


Figura 13 – Aspersor para limpeza do interior de um tanque.

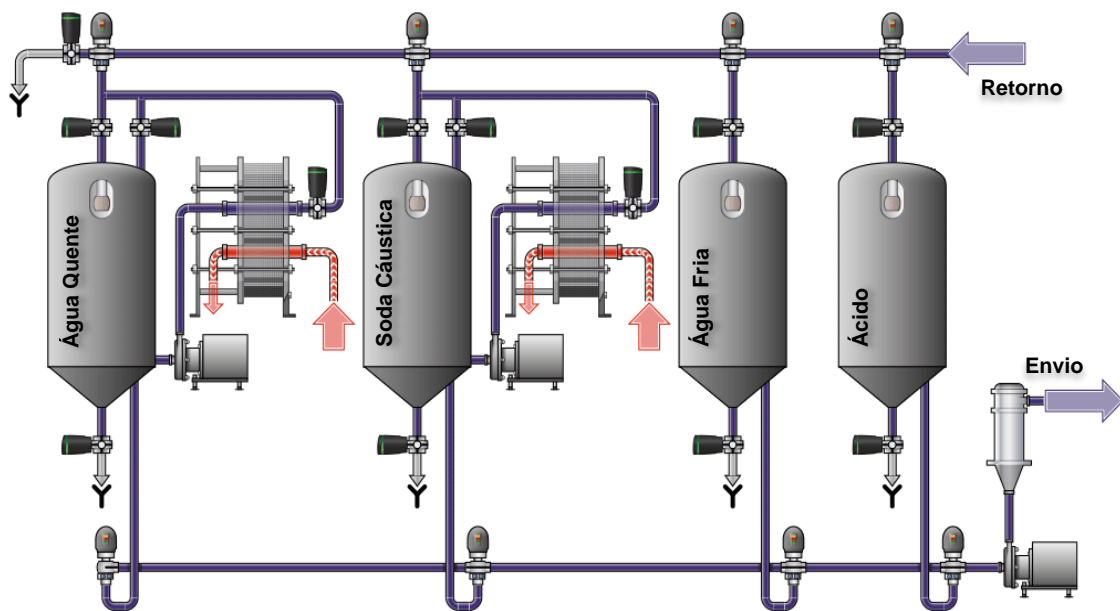


Figura 14 – Instalação CIP universal.

A força aplicada pelas bombas de avanço deve ser suficiente para que as soluções *CIP* percorram todo o circuito a uma velocidade superior a 1,5 m/s. A partir desta velocidade, garante-se o chamado escoamento turbulento, em que as partículas se misturam de forma não linear e é aplicada tensão de corte nas paredes da tubagem (forças paralelas; sentidos opostos), contribuindo para uma melhor homogeneização da solução *CIP* e um efeito de limpeza mais satisfatório (Stanga, 2010).

Dependendo do tipo de resíduos a remover, do grau de higienização

pretendido e das características das superfícies a higienizar, são utilizados diferentes detergentes a variadas concentrações. É essencial atuar de forma específica, a fim de atingir os resultados ideais, sem onerar o custo da higienização com substâncias desnecessárias que podem prejudicar o meio ambiente. Utilizar demasiado detergente num ciclo de limpeza pode ser inconveniente, além de dispendioso. Por exemplo, um excesso de hidróxido de sódio pode reagir com o CO_2 e formar precipitados de carbonato de sódio. As instruções do fabricante devem ser tidas em consideração, não se devendo aplicar menos que a concentração mínima recomendada, tanto quanto as instruções relativas às superfícies dos equipamentos, que implicam muitas vezes a definição de uma concentração máxima (Lelieveld, et al., 2003).

A concentração das soluções é aferida nas instalações *CIP* e nos circuitos através da condutividade elétrica, dado que a forma como uma solução conduz a corrente elétrica depende de fatores como a composição química, a concentração e a temperatura. A condutividade aumenta com o aumento da temperatura, em virtude do aumento da agitação molecular e, por isso, não se pode comparar a condutividade a diferentes temperaturas. Um sistema *CIP* deve utilizar as soluções à sua temperatura ótima, sendo assim o mais eficaz possível. Normalmente, o aumento da temperatura acima da temperatura ambiente acelera a velocidade das reações químicas, tendo também um efeito desinfetante. No caso da utilização de várias temperaturas, os valores de condutividade têm de ser recalculados para os que deveriam assumir a uma temperatura de referência. Este cálculo pode ser feito automaticamente pelo condutímetro utilizando coeficientes de compensação. Estes devem ser apresentados pelas empresas que fornecem os detergentes, assim como informação sobre a relação concentração/condutividade em água destilada (Pak).

Posto isto, a eficácia de um sistema *CIP* depende da combinação dos fatores velocidade, concentração e temperatura das soluções de higienização. Um quarto fator deve ser tido em conta, o tempo. Um *CIP* muito curto irá resultar num circuito incorretamente limpo, mas um *CIP* demasiado longo implica uma grande quebra no tempo de produção disponível e maiores custos energéticos (Stanga, 2010).

A sequência típica de um ciclo de limpeza *CIP* é apresentada na figura 15.

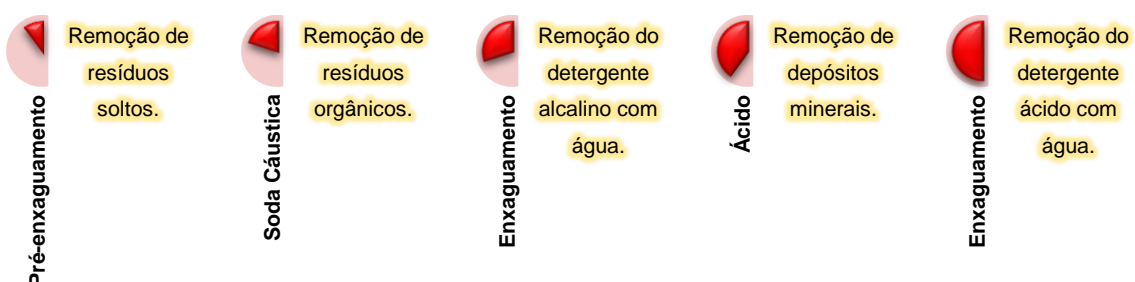


Figura 15 – Sequência típica de um ciclo de limpeza *CIP* (Stanga, 2010).

A limpeza com os detergentes alcalino e ácido higieniza os equipamentos físico-quimicamente e, até certo ponto, a nível microbiológico. A eliminação dos microrganismos pode ser melhorada através da adição de uma etapa final de desinfecção. Esta pode ser química com, por exemplo, cloro ou peróxido de hidrogénio, ou apenas térmica, com água quente ou vapor de água (Lelieveld, et al., 2003).

3.2. Agentes de Limpeza *CIP*

Os agentes de limpeza utilizados nos sistemas *CIP* necessitam de preencher determinados requisitos. Entre os mais importantes encontram-se: elevada solubilidade na água; elevado poder molhante (penetrando devidamente nos resíduos); não espumantes (mais facilmente enxaguados); não reativos com os sais da água (a formação de depósitos é indesejada); não corrosivos; estáveis durante o armazenamento; preferencialmente, eficazes a baixas temperaturas; económicos; pouco poluentes das águas residuais (idealmente, biologicamente degradáveis) (Lelieveld, et al., 2003).

As empresas de detergentes apresentam uma vasta gama de produtos, disponíveis em vários formatos; o preferido é o formato líquido, uma vez que essa é a forma mais fácil de manusear e dosear os produtos.

3.2.1. Água

As características da água utilizada nas soluções de higienização é um fator determinante na atuação dos detergentes e, por isso, estas devem ser controladas. Para mais, existe legislação específica relativamente à qualidade da água utilizada pela indústria alimentar. Em resumo, a água utilizada deve ser própria para consumo, transparente e livre de microrganismos (Saraiva, 2011).

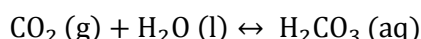
A dureza da água é extremamente importante, dado que o excesso de sais inorgânicos reduz a eficácia de alguns detergentes e desinfetantes e contribui para a formação de incrustações na superfície dos equipamentos. Por exemplo, o aquecimento de água com dureza elevada pode levar à formação de um precipitado de carbonato de cálcio; o cálcio e o magnésio podem reagir com as espécies ativas dos produtos de higiene, ligando-se a estas normalmente por reações de complexação, reduzindo desta forma a concentração de agentes ativos disponíveis para atacar os resíduos a eliminar. Aquando da utilização de água muito dura são adicionados agentes sequestrantes ou quelantes (por exemplo, o EDTA) à formulação do detergente, de maneira a serem evitados estes problemas (Saraiva, 2011).

3.2.2. Detergentes

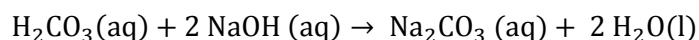
Os detergentes utilizados nos *CIPs* podem ser soluções de substâncias puras, tais como o hidróxido de sódio, o ácido nítrico ou o ácido fosfórico, ou misturas complexas, formuladas pelas empresas de detergentes, com químicos puros e aditivos. Todavia, o componente principal de todos os detergentes é sempre um ácido ou uma base (Pak).

Os agentes alcalinos ou bases são utilizados para remover a sujidade orgânica que não se dissolve facilmente na água, constituinte mais comum dos resíduos de cerveja e sidras. O hidróxido de sódio, também conhecido por soda cáustica, é a principal base usada. Os seus notáveis efeitos decorrem sobretudo ao nível da solubilização de hidratos de carbono, da hidrólise de proteínas e da saponificação de gorduras (Stanga, 2010).

O maior inconveniente da soda cáustica na indústria cervejeira é a impossibilidade da sua utilização em atmosferas de CO_2 , como a dos tanques de cerveja filtrada. Quando dissolvido na água, o dióxido de carbono está em equilíbrio com o seu ácido correspondente, o ácido carbónico (Stanga, 2010).



A Reação do ácido carbónico com o hidróxido de sódio leva à formação de depósitos de carbonato de cálcio e existe risco de implosão (Stanga, 2010).



Deslocar o CO_2 iria tornar o processo muito mais caro e demorado, correndo-se ainda o risco de danos oxidativos na cerveja. Assim, a política é manter o CO_2 e utilizar-se a limpeza ácida.

As desvantagens da soda cáustica consistem em não ter propriedades dispersantes e de suspensão, para suspender resíduos insolúveis e impedir a sua redeposição sobre superfícies limpas, atacar o alumínio e formar espuma a pressões elevadas. Em conjugação com aditivos, como surfactantes que reduzem as propriedades hidrofóbicas do material gordo (emulsificação) e suprimem a formação de espuma, o seu poder de limpeza é substancialmente otimizado (McCrorie, 2012).



Figura 16 – Tanque implodido.



Figura 17 – Depósitos de carbonato de cálcio em peças de um equipamento.

Normalmente, a limpeza ácida é executada com maior distância temporal entre a execução de programas de higienização nos equipamentos. Os detergentes ácidos são primeiramente consumidos na remoção de sujidade mineral, visto que estes promovem a dissolução em água de sais não solúveis. Quando aplicados após os detergentes alcalinos, atuam ainda como neutralizadores de eventuais resíduos (Pak).

Um dos ácidos mais empregues na indústria alimentar é o ácido fosfórico. Todavia, são também muito utilizados dissoluções de ácido nítrico e sulfúrico. Os agentes com base fosfórica apresentam vantagens face aos últimos, na medida em que não apresentam tantos riscos; no caso do ácido sulfúrico, de corrosão dos equipamentos e com o ácido nítrico, o risco de reação com a contaminação provocando a emissão de gases nocivos (Tamime, 2008).

Como desvantagens, de referir a pouca eficiência na remoção de matéria orgânica e a necessidade de um doseamento preciso para evitar risco de corrosão nos equipamentos (Stanga, 2010).

A adição de outros agentes tem como objetivo aumentar a eficácia da limpeza. Entre os aditivos mais utilizados encontram-se: agentes tensioativos ou surfactantes, que, além das propriedades mencionadas anteriormente, baixam a tensão superficial, atribuindo às soluções a desejada maior capacidade de molhar as superfícies; agentes quelantes, que se ligam aos iões de cálcio e magnésio, de maneira a manter estes iões em solução e evitando assim possíveis precipitações; agentes complexantes, que ligam um ião metálico por molécula, em contraste com os agentes quelantes que se podem ligar a uma série de iões metálicos; agentes oxidantes, como o hipoclorito de sódio e o peróxido de hidrogénio (também desinfetantes) (Saraiva, 2011).

3.2.3. Desinfetantes

Entre os desinfetantes mais utilizados na indústria alimentar encontram-se o cloro, o iodo, os compostos de amónio quaternário, o ácido peracético e o peróxido de hidrogénio (Saraiva, 2011).

O cloro e compostos clorados são antibacterianos e, utilizados nas concentrações adequadas e enxaguados corretamente, não deixam sabores nos produtos. São bastante utilizados por serem económicos. Todavia, estes compostos são por vezes ineficientes se se encontrarem na presença de substâncias orgânicas, podendo formar substâncias cancerígenas. Estes podem também ser corrosivos de alguns tipos de superfícies, nomeadamente as que têm alumínio na sua composição, se forem utilizados numa concentração superior à indicada para o seu efeito (Saraiva, 2011).

Os compostos de iodo, designados por iodóforos, podem ser utilizados em conjunto com ácidos, sendo que a partir de pH 5 ocorre uma quebra drástica na sua atividade. Eliminam uma grande variedade de bactérias através da inativação de enzimas e consequente destruição de componentes vitais das células, necessitando de pouco tempo em contacto com as superfícies a higienizar. Os resíduos orgânicos levam à sua inativação e estes são corrosivos para metais brandos e aços de menor qualidade (Saraiva, 2011).

Os compostos de amónio quaternário apresentam as vantagens de serem pouco corrosivos, não tóxicos e eficazes mesmo na presença de matéria orgânica. Atuam por inibição enzimática, desnaturação proteica e lesão da membrana citoplasmática, levando ao vazamento dos constituintes celulares. Contudo, apresentam atividade seletiva, sendo altamente eficientes contra bactérias gram positivas, fungos e leveduras, mas pouco eficazes contra bactérias gram negativas (coliformes). O seu efeito contra bactérias gram negativas pode ser potencializado através da utilização simultânea de um aditivo como, por exemplo o EDTA, pois este possui efeito quelante para alguns compostos da parede celular, facilitando assim a penetração do amónio na membrana celular (Saraiva, 2011).

Por fim, o peróxido de hidrogénio é eficaz contra vírus, bactérias e esporos bacterianos; normalmente é utilizado em conjunto com estabilizadores para evitar a sua decomposição. O ácido peracético, em relação ao peróxido de hidrogénio, tem uma ação mais potente a concentrações mais baixas de utilização. Mais uma vantagem da sua utilização é que este não é atacado por peroxidases, ao contrário do que se verifica com o peróxido de hidrogénio, continuando ativo na presença de matéria orgânica. Ambos têm como produtos da sua decomposição compostos não tóxicos para o ambiente (Stanga, 2010).

3.3. Otimização dos *CIPs*

Um sistema *CIP* consome tempo e recursos (energia, água e químicos). Inovações tecnológicas e o aperfeiçoamento dos programas *CIP* permitem às empresas uma redução nos custos, continuando a ir de encontro aos padrões de higienização pretendidos (Jude, et al., 2013).

Entre as alternativas que podem ser exploradas com o objetivo de otimizar um sistema *CIP* encontram-se:

1. Utilização de novos químicos ou alteração da concentração e/ou formulação das soluções já em uso;
2. Aumento ou diminuição do tempo dos enxaguamentos ou dos ciclos de

limpeza com as soluções detergente (o balanço entre o tempo de inatividade da produção e o impacto sobre os níveis de higienização deve ser analisado);

3. Ajuste da temperatura da água (o aumento da temperatura da água pode diminuir o tempo de limpeza ou, inversamente, reduzindo a temperatura, reduz-se os custos energéticos);
4. Reconfiguração das instalações *CIP* (por exemplo, alterações no comprimento ou na largura das tubagens);
5. Maximização da eficácia das substâncias químicas através, por exemplo, da formulação de detergentes com enzimas para acelerar as reações químicas ou da utilização de membranas para filtrar as soluções, de maneira a serem mais vezes reutilizadas;
6. Utilização de água ozonizada (desinfecção eficaz contra uma larga gama de microrganismos). Com a sua utilização é possível economizar água, produtos químicos e energia, além de que é uma desinfecção segura para o ambiente, visto que a sua decomposição resulta em oxigénio. Exige a adição de uma estação de ozono e outros equipamentos no local sendo, portanto, inicialmente dispendioso quando se tem de implementar num sistema *CIP* já existente;
7. Implementação de soluções eco-friendly (a utilização de biodescontaminantes podem ajudar a reduzir a quantidade de energia, tempo e água no processo de limpeza);
8. Desenvolvimento de uma mentalidade de conservação; é possível aumentar a eficiência do processo com ações simples como a substituição de acessórios e válvulas defeituosas, o fecho de pulverizadores e mangueiras quando não estão em uso, a remoção de tubagens redundantes no circuito e a instalação de monitorizadores de consumo nos equipamentos (por exemplo, a medição do volume de líquido enviado e recebido pela instalação *CIP* pode ajudar a identificar quaisquer perdas invulgares) (Jude, et al., 2013).

Estes ajustes no sistema *CIP* oferecem alguns benefícios, no entanto, a automação dos sistemas representa o maior impacto na rentabilização económica (Jude, et al., 2013).

4. Otimização das Mudanças de Produto nas Linhas de Garrafa

4.1. Tipos de mudanças de produto

Para que seja possível o enchimento das mais de duas dezenas de produtos da Unicer que se enchem nas quatro linhas de enchimento de garrafa do CPLB foram definidos vários tipos de mudança de produto, tendo em conta as características dos mesmos. Aquando das mudanças de produto toda a tubagem, desde os tanques de cerveja filtrada (TCFs) até à enchedora, tem o produto anterior, existindo ainda vestígios deste na cuba e nas válvulas de enchimento da enchedora. O objetivo dos diferentes procedimentos de mudança de produto é garantir que o produto que se vai encher não é contaminado com o produto anterior.

Nestas linhas existem três tipos de mudanças de produto: mudança de produto sem introdução de água, mudança de produto com introdução de água e mudança de produto com *CIP*. No anexo 1 é possível explorar as mudanças aplicadas entre alguns produtos que se enchem nas linhas de garrafa do CPLB antes do trabalho desenvolvido nesta dissertação.

4.1.1. Mudança de produto sem introdução de água

Para alguns produtos, a mistura de milhares de litros de um com vestígios na ordem dos mililitros de outro não vai causar alterações sensoriais que justifiquem o enxaguamento das tubagens. Em certos casos, é mesmo mais vantajoso vestígios do produto anterior em relação a vestígios de água que podem levar à diluição do produto que se vai encher. Um exemplo desta compatibilidade é a mudança de *Super Bock Original* para *Cristal* ou vice-versa. Ambas são cervejas brancas, claras e com teor alcoólico semelhante, fabricadas com os mesmos ingredientes, diferindo ligeiramente no extrato primitivo (quantidade de açúcares presentes na cerveja), sendo o da *Super Bock Original* um pouco superior ao da *Cristal*.

Nestes casos, o fim do enchimento de um produto é empurrado pelo início de enchimento do seguinte. Cheias as últimas garrafas, a caldeira anelar e as válvulas de enchimento da enchedora purgam os vestígios do produto que estavam a encher e estão assim prontas para receber o próximo que se encontra à entrada da enchedora. São efetuadas as alterações necessárias ao novo enchimento nos vários equipamentos da linha (no caso de se ir mudar de garrafa, cápsula, rótulos, etc) e no

final é dada a ordem para a cuba da enchedora receber o novo produto e o enchimento das próximas garrafas começar.

4.1.2. Mudança de produto com introdução de água

O enxaguamento da linha de enchimento com água fria é utilizado nas mudanças de produto em que, apesar das diferenças em características como o teor de álcool ou a cor, a limpeza com água verifica-se suficiente, não se justificando a higienização *CIP*. Por exemplo, na passagem de *Super Bock Original* para *Super Bock Stout* (cerveja preta) e vice-versa.

O fim do enchimento é empurrado por um volume definido de água. Alguns litros de produto são enviados de volta à adega para o tanque de retorno (antes da válvula que os envia nesse destino), enquanto outros são enviados para esgoto (depois da válvula, não há possibilidade de voltar para trás).

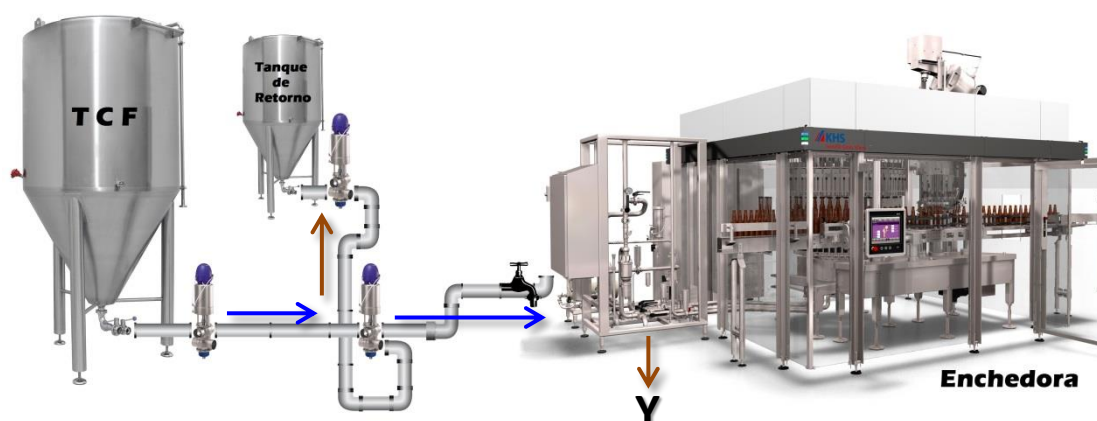


Figura 18 – Mudança de produto com introdução de água - Passo 1: empurro da interface produto-água do fim de enchimento para retorno e para esgoto após válvula do retorno (castanho: produto em fim de enchimento; azul: água).

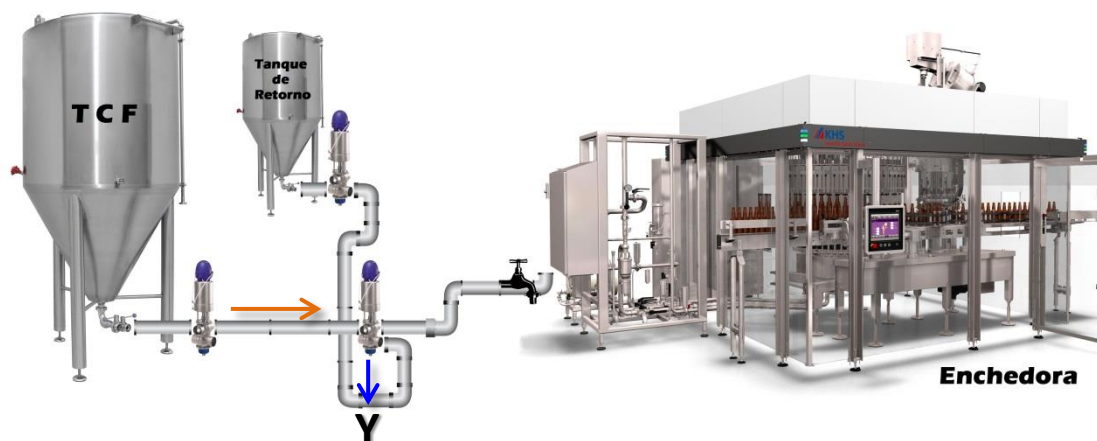


Figura 19 – Mudança de produto com introdução de água - Passo 2: empurro da água até à válvula do retorno para esgoto (azul: água; laranja: produto em início de enchimento).

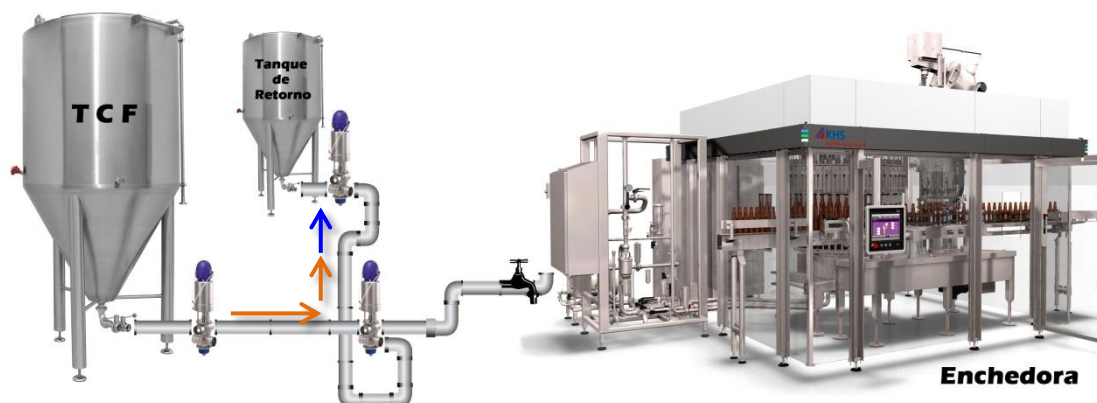


Figura 20 – Mudança de produto com introdução de água - Passo 3: empurro da interface produto-água do início de enchimento para retorno (azul: água; laranja: produto em início de enchimento).

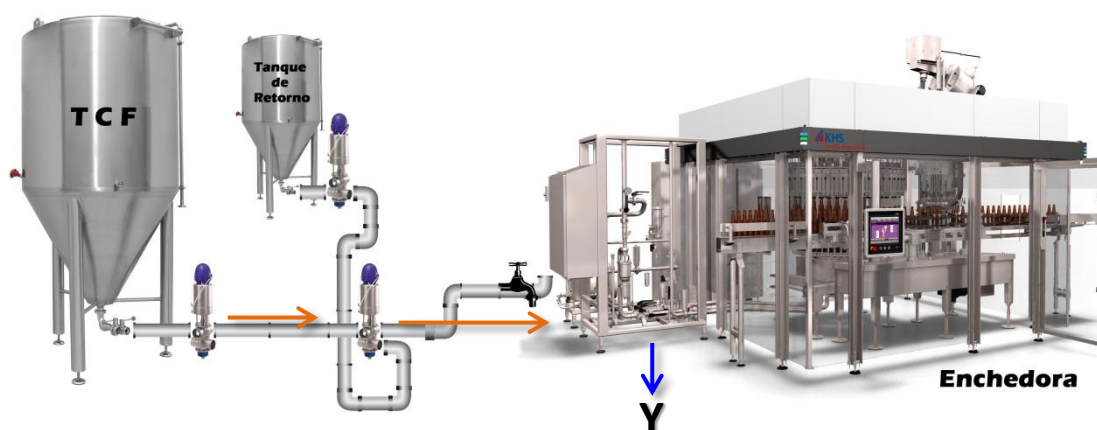


Figura 21 – Mudança de produto com introdução de água - Passo 4: empurro da água na tubagem até à enchedora para esgoto (azul: água; laranja: produto em início de enchimento).

Depois, o próximo produto a ser cheio começa a ser enviado, empurrando a água na tubagem até à válvula do retorno para o esgoto.

A seguir, mais uma vez, alguns litros são enviados para o tanque de retorno. O retorno assegura que o produto que é inevitavelmente diluído no interface produto-água não é enviado para a enchedora, mas também não é enviado para esgoto. O produto enviado para o tanque de retorno é reaproveitado.

Por último, é empurrada a água entre a válvula que regula a direção do produto (retorno, esgoto ou enchedora) e a enchedora, ficando o produto pronto para entrar na cuba da enchedora.

A cuba da enchedora, também enxaguada durante a mudança, recebe cerca de 350L de produto e efetua a purga desse produto. Apesar da água do enxaguamento ser purgada, este primeiro enchimento com produto funciona como mais um enxaguamento da cuba, para garantir que não existem vestígios de água. Depois, o produto começa a entrar de forma contínua para o interior da cuba, à

medida que é efetuado o enchimento das garrafas.

Os volumes de todos estes passos (tabela 1) dependem da linha de enchimento, em virtude dos diferentes comprimentos das tubagens.

Tabela 1 – Parâmetros e volumes do programa de mudanças de produto (E1 e E2, respetivamente, enchedora 1 e 2)

	Linha 5		Linha 6	Linha 2	Linha 3
Passos do Programa	Volume (L)		Volume (L)	Volume (L)	Volume (L)
Empurro inicial até à enchedora c/ produto (p/ esgoto)	1450	1550	650	650	650
Empurro inicial até à enchedora c/ produto (p/ retorno)	600	700	300	700	700
Empurro inicial até à enchedora c/ produto (p/ enchedora)	250	250	250	350	350
Empurro com novo produto até à enchedora	1450	1550	730	750	750
Empurro com água até à enchedora	1300	1500	750	550	550
	E1	E2			

4.1.3. Mudança de produto com *CIP*

No caso de mudanças entre produtos aromatizados com frutas e não aromatizados ou entre cervejas e sidras é necessário efetuar um *CIP* à linha e à máquina de enchimento.

O processo é análogo ao de mudança de produto com introdução de água mas, em vez de haver apenas alguns litros de água entre produtos, há a ocorrência de todo um programa *CIP* com soda cáustica, seguido de uma esterilização e CO₂.

4.2. Inícios e Fins de Enchimento

Sempre que ocorre uma mudança de produto é efetuado o bloqueio de 1800 litros de produto do início e fim de enchimento que, dependendo do volume da garrafa e da matriz da paleta, equivale a um certo número de paletes. Essas paletes não saem do armazém para o mercado sem que seja dada ordem nesse sentido. Este bloqueio é realizado com o objetivo de garantir que não é vendido produto misturado com outro produto ou água, em virtude de uma má separação/limpeza durante a mudança de produto. A decisão de libertar ou não o produto é tomada com base na análise físico-química das 3 primeiras/últimas garrafas do início/fim de enchimento efetuada pelo Laboratório Central. Normalmente, as características que mais variam após mudança de produto são a cor e o extrato primitivo do produto, sendo estas o foco da análise efetuada. Estão definidos os intervalos em que estas características podem variar para

cada tipo de produto. Caso as três garrafas analisadas apresentem os valores fora desses intervalos, então o produto bloqueado no armazém vai para retorno ou para o esgoto (este é o caso das cervejas e sidras aromatizadas).

4.3. Histórico 2014/2015 dos Inícios e Fins de Enchimento

Para se compreender a dimensão dos ajustes necessários às mudanças de produto e aos parâmetros e volumes dos inícios/fins de enchimento foi analisado o histórico das análises efetuadas às três primeiras/últimas garrafas dos inícios/fins de enchimento em 2014 e 2015.

4.3.1. Linha 2

Foi analisado o histórico da Linha 2 entre 1 de janeiro de 2014 e 28 de outubro de 2015. Verificou-se que em 2015 ocorreram quatro vezes mais inícios e fins de enchimento com valores fora do intervalo definido (28 em 2015 *versus* 7 em 2014) e, por isso, a análise percentual teve em conta apenas os valores referentes a 2015. Se fossem incluídos os valores de 2014, as percentagens não estariam tão próximas da realidade que se vivia no momento da análise.

De janeiro a 28 de outubro de 2015 ocorreram 107 enchimentos. Os 28 enchimentos com valores de extrato primitivo fora do intervalo definido para cada produto representam 26% do total dos enchimentos. Este valor é superior ao verificado nas análises às linhas 5 e 6 (apresentados mais à frente). Apesar de se encherem muitos outros produtos na linha 2, apenas se verificaram inícios e fins de enchimento com valores afastados do ideal para a *Super Bock Original* e para a *Super Bock Stout*.

Tabela 2 – Número de enchimentos e inícios/fins fora do intervalo da Linha 2 (2015)

Produtos	Total de Enchimentos	Inícios/Fins Fora do Intervalo
<i>Super Bock Sem Álcool (SBSA)</i>	8	0
<i>Cristal</i>	19	0
<i>Cristal Preta</i>	1	0
<i>SBSA Preta/Negra</i>	5	0
<i>Super Bock (SB) Green</i>	1	0
<i>SB Stout</i>	10	4 (40% do total de enchimentos)
<i>SB Classic</i>	1	0
<i>SB Original</i>	62	24 (39% do total de ench.)

A maior parte destes inícios/fins de enchimento fora da especificação eram inícios de enchimento com extrato primitivo inferior ao desejado. Após análise

detalhada concluiu-se que aproximadamente 70% destes inícios de enchimento eram após mudança de produto com introdução de água ou com *CIP*. No caso da *Super Bock Stout*, 40% eram após *Super Bock Original*, sem introdução de água.

4.3.2. Linha 3

Dos 307 enchimentos realizados de janeiro de 2014 a outubro de 2015 na linha 3, 18% tinham o início de enchimento fora da especificação (superior à linha 6).

A *Super Bock Original* apresentava o maior número de inícios com valor de extracto primitivo fora do intervalo (26%), mas também é o tipo de cerveja que mais se enche nesta linha. Mais uma vez, a maioria dos valores fora da especificação eram após água ou *CIP* (50%).

Tabela 3 – Número de enchimentos e inícios/fins fora do intervalo da Linha 3 (2014/2015)

Produtos	Total de Enchimentos	Inícios/Fins Fora do Intervalo
<i>Super Bock Sem Álcool (SBSA)</i>	19	1 (6% do total de enchimentos)
<i>Cristal</i>	55	6 (11% do total de ench.)
<i>Carlsberg</i>	23	0
<i>SBSA Preta/Negra</i>	18	0
<i>Cristal Preta</i>	14	1 (7% do total de ench.)
<i>Super Bock Stout</i>	47	13 (28% do total de ench.)
<i>SB Original</i>	131	34 (26% do total de ench.)

4.3.3. Linha 5

A análise aos resultados da linha 5 foi efetuada apenas em 2015, visto que em 2014 realizaram-se menos de metade dos enchimentos. Num total de 92 enchimentos em 2015, 20 tinham o seu início de enchimento com extrato primitivo abaixo do definido (22%; superior à linha 6).

A linha 5 tem duas enchedoras que recebem o produto vindo do mesmo TCF e, por isso, foram confrontados os resultados entre as duas. Constatou-se que as diferenças entre estas não eram significativas, dado que os valores de extrato das primeiras garrafas não diferiam entre as duas enchedoras na maioria das vezes.

Tal como na linha 2, a maioria dos casos problemáticos com a *Super Bock Original* eram após mudança com água ou *CIP* (56%), enquanto que com a *Super Bock Stout* os inícios com extrato baixo eram após *Super Bock Original*.

Também verificaram 3 fins de enchimento com valor de extrato primitivo inferior ao desejado antes de mudança de produto com *CIP*.

Tabela 4 – Número de enchimentos e inícios/fins fora do intervalo da Linha 5 (2015)

Produtos	Total de Enchimentos	Inícios/Fins Fora do Intervalo
<i>Super Bock</i>	61	18 (30% do total de enchimentos)
<i>Super Bock Stout</i>	8	2 (25% do total de ench.)
<i>Cristal</i>	23	0

4.3.4. Linha 6

A linha número 6 é a linha de enchimento que enche uma variedade maior de produtos. De 2014 a outubro de 2015 foram realizados cerca de 440 inícios/fins de enchimento, sendo que 63 destes tinham os valores de extrato primitivo fora do intervalo definido (14% do total dos enchimento; valor mais baixo entre todas as linhas). Foram apenas tido em conta os enchimentos de *Super Bock Original* de 2015, uma vez que o número de enchimento muito grande.

Tabela 5 – Número de enchimentos e inícios/fins fora do intervalo da Linha 6 (2014/2015)

Produtos	Total de Enchimentos	Inícios/Fins Fora do Intervalo
Cheers	22	1 (5% do total de enchimentos)
SBSA	34	2 (6% do total de ench.)
Marina	35	3 (9% do total de ench.)
Cheers Preta	19	2 (11% do total de ench.)
Carlsberg	28	3 (11% do total de ench.)
Cristal Preta	9	1 (11% do total de ench.)
SB Green	19	3 (16% do total de ench.)
SB Tango	6	1 (17% do total de ench.)
SB Stout	30	8 (20% do total de ench.)
SB Classic	8	2 (25% do total de ench.)
SB Brasil	4	1 (25% do total de ench.)
SB Original (2015)	73	19 (26% do total de ench.)
SB Abadia	13	6 (46% do total de ench.)
Cristal	69	5 (7% do total de ench.)

O produto que mais chamou à atenção após análise detalhada ao histórico foi a *Super Bock Abadia*. Esta é uma cerveja ruiva com o extrato primitivo mais elevado de todas as cervejas da Unicer. Na maioria das mudanças com este produto era efetuada a mudança de produto sem introdução de água. No caso de se estar a realizar o início de enchimento desta cerveja, em aproximadamente metade dos enchimentos (46%) o extrato e cor eram diluídos pelo produto anterior e o produto bloqueado ia para retorno. Aquando do fim de enchimento da *Super Bock Abadia*, o enchimento seguinte via o seu extrato primitivo aumentado, mais uma vez, indicativo de mistura. Assim, a mudança de produto sem introdução de água não parecia ser a melhor alternativa.

A análise às mudanças entre os restantes produtos levaram novamente à conclusão que o maior problema estava nas mudanças com introdução de água ou realização de CIP, indicando diluição do início de enchimento com água (extrato primitivo baixo).

4.4. Planos de Ensaio e Metodologia

4.4.1. Ensaios para avaliação dos inícios e fins de enchimento

A avaliação dos inícios e fins de enchimento durante as mudanças de produto tiveram por base dois tipos de amostragem: amostras retiradas na torneira de amostragem disponível no distribuidor de válvulas da enchedora (figura 22), antes da entrada do produto para a cuba da enchedora, e amostras de garrafas cheias retiradas manualmente da linha.

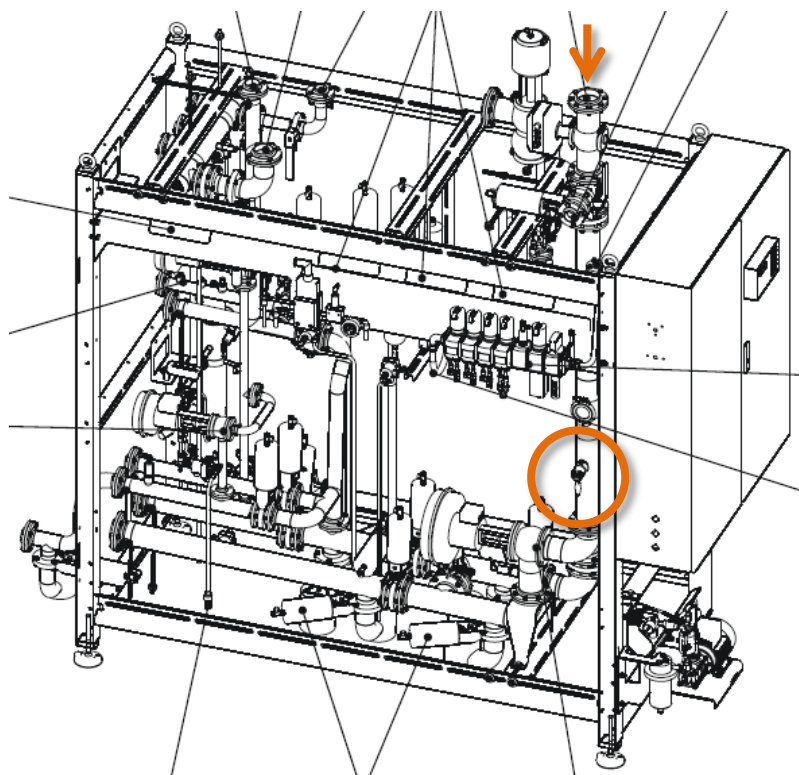


Figura 22 – Distribuidor de válvulas da enchedora (assinalado com um círculo a torneira de amostragem e com uma seta a tubagem por onde chega a cerveja) (KHS).

Na torneira de amostragem eram recolhidas amostras na chegada da cerveja (ver passo 4 da mudança de produto com água ou *CIP*), antes da entrada para a caldeira anelar, e após pré enchimento da caldeira anelar, sendo esta segunda amostra representativa da cerveja que iria entrar de forma definitiva na caldeira anelar para o início de enchimento. As amostras de garrafas cheias variaram ao longo dos

ensaios, mas na sua maioria foram retiradas de 400 em 400 litros, entre a primeira garrafa e os 2000L.

As amostras foram analisadas no Laboratório Central, focando-se nos resultados das características cor e extrato primitivo. Os resultados obtidos eram comparados com os resultados das mesmas análises efetuadas aos produtos nos TCFs antes destes serem enviados para o enchimento, de maneira a avaliar-se se o produto sofreu alterações no caminho. Os resultados foram ainda confrontados com os intervalos definidos como característicos de cada produto, que ditam o destino dos inícios e fins de enchimento bloqueados no armazém.

Numa segunda fase, após alguns ensaios e discussão dos seus respetivos resultados, foi instalada uma outra torneira de amostragem (provisória) para se conseguir avaliar de forma mais contínua a chegada do produto à linha de enchimento. Esta torneira foi colocada antes da válvula que regula a direção do produto (retorno, esgoto ou enchedora).

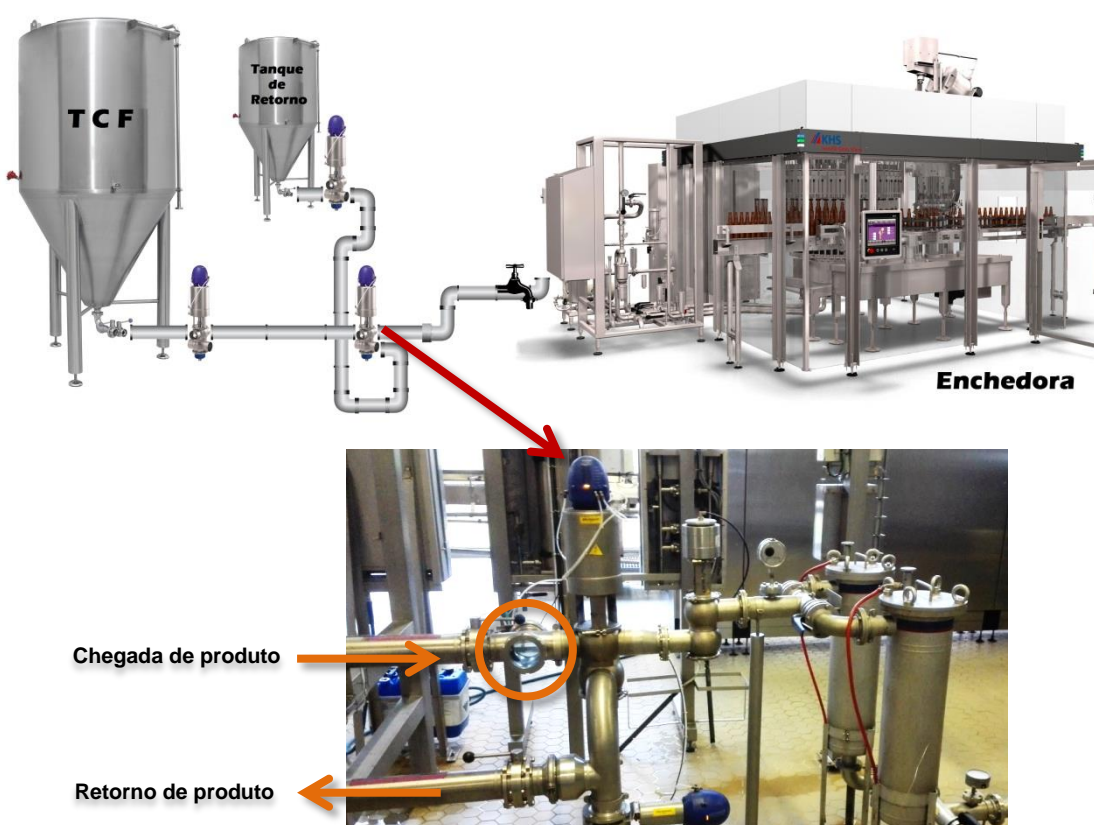


Figura 193 – Localização da válvula que regula a direção do produto (retorno, esgoto, enchedora) antes da enchedora (assinalado com um círculo o local onde foi colocada a torneira de amostragem provisória).

Nesta nova torneira era possível retirar amostras durante todos os passos do programa de início/fim de enchimento, em vez de ser só possível a amostragem aquando da chegada do produto à entrada da enchedora. Nos ensaios efetuados

reconheram-se amostras à chegada do produto à válvula (passo 2 da mudança de produto com água ou *CIP*) e antes e depois do retorno de produto (passo 3 da mudança de produto com água ou *CIP*).

4.4.2. Ensaios para validação de mudanças com novos produtos

No decorrer do estágio passaram a encher-se nas linhas de enchimento de garrafa do CPLB quatro novos produtos: *Carlsberg NOX* (cerveja) Somersby, *Somersby Citrus* e *Somersby Blackberry* (sidras).

Posto isto, foi necessário a definição das mudanças em relação a estes produtos. Alguns casos foram facilmente definidos com base na composição destes produtos. Por exemplo, de qualquer sidra para cerveja ou vice-versa é necessário a mudança de produto com *CIP*. Todavia, alguns casos suscitavam dúvidas e foram executados ensaios para validar aquilo que se iria definir.

Estes ensaios seguiram a mesma lógica dos acompanhamentos realizados para avaliar os inícios e fins de enchimento. Foram retiradas amostras na torneira de amostragem antes da enchedora e amostras das primeiras/últimas garrafas do enchimento. Depois foram efetuadas análises sensoriais e físico-químicas.

4.4.3. Análises físico-químicas

As análises físico-químicas das amostras de cerveja foram efetuadas no equipamento *Beer Analyser* da *Anton Paar*. Este permite quantificar parâmetros como o extrato, a atenuação, a coloração, o álcool e o pH de uma cerveja em qualquer fase da produção.

Este equipamento tem na sua estrutura um densitómetro digital que permite obter o valor da densidade da amostra através do método do tubo em U oscilante. A amostra é introduzida num tubo de vidro de borossilicato em forma de U que está a ser excitado para vibrar a uma frequência definida. Esta frequência altera-se em função da densidade da amostra. Através da determinação precisa da frequência e de uma conversão matemática é obtido o valor



Figura 24 – Beer Analyser da Anton Paar.

de densidade da amostra. A densidade da amostra é uma função da sua composição. Assim, usando tabelas densidade *versus* concentração, o valor da densidade é

utilizado para calcular a sua composição, como, por exemplo, a concentração de açúcares com um erro máximo associado de 0,1 plato (extrato primitivo).

O equipamento contém ainda um espectrómetro de infravermelho próximo (NIR), que permite a determinação da concentração de álcool, e um potenciómetro para obter os valores de pH. Os valores de cor são determinados por espectrofotometria de absorção.

Todas as amostras foram colocadas num banho de água a 20°C, filtradas e descarbonatadas (a presença de CO₂ no densitómetro influencia os resultados) antes de serem examinadas no equipamento.

4.5. Resultados

No total foram realizados cerca de 25 ensaios em todas as linhas de garrafa. Na sua maioria os acompanhamentos foram realizados após uma mudança de produto com introdução de água ou *CIP*, tendo em conta que era esta a situação mais problemática para os inícios de enchimento.

A cada conjunto de ensaios para avaliação dos inícios e fins de enchimento e discussão dos seus resultados foram sendo aplicadas medidas no sentido da resolução dos problemas detectados. Deste modo, os resultados apresentados dividem-se em três partes: uma parte inicial relativa à primeira avaliação efetuada e duas partes após duas alterações efetuadas aos volumes do programa de mudanças de produto. Por último, são apresentados os resultados da validação das mudanças com os novos produtos.

4.5.1. Primeira avaliação dos inícios e fins de enchimento

Numa primeira fase foram acompanhados 8 inícios de enchimentos após mudança de produto com água ou *CIP* e uma mudança de produto sem introdução de água de *Super Bock Original* (SB) para *Super Bock Abadia*.

Recorda-se que as mudanças de produto que envolviam a *Super Bock Abadia* acabam na sua maioria das vezes no envio de produto bloqueado para retorno. O acompanhamento realizado corroborou a ideia que tinha ficado após análise do histórico de inícios e fins de enchimento com este produto. A mudança de produto sem introdução de água não eram o tipo de mudança de produto indicado. Como se pode observar na tabela de resultados número 6, o início de *Super Bock Abadia* após *Super Bock Original* tinha o extrato primitivo baixo da primeira garrafa aos 800L de enchimento. Estes valores são indicativos os vestígios de *Super Bock Original* são

suficientes para a diluição da *Super Bock Abadia*. Estes resultados e o histórico mencionado anteriormente foram suficientes para que fosse decidido alterar as mudanças de produto da *Super Bock Abadia* sem introdução de água para mudança com introdução de água.

Tabela 6 – Resultados dos primeiros nove ensaios para avaliação dos inícios e fins de enchimento; valores de extrato primitivo em graus plato (vermelho: resultados fora do intervalo de especificação)

Ensaio	Linha	Produto em início de enchimento	Após	No TCF	Antes de entrar para a enchedora	Depois do ench. parcial da cuba	Primeira garrafa	200L	400L	800L	1200L	1600L	2000L
1	6	SB Stout	CIP	12,66	12,51	12,59	12,47						
2	6	SB Abadia	SB	14,49			13,72		14,27	14,28	14,40	14,44	14,48
4	6	SB Stout	CIP	12,54	12,57	12,61	12,56		12,63	12,63	12,61	12,60	12,62
5	6	SB Original	H ₂ O	10,84	10,78	10,86	10,63		10,86	10,86	10,86	10,86	10,86
9	6	SB Tango	H ₂ O	12,49	12,46	12,52	12,49	12,53	12,56	12,56	12,58	12,56	12,56
6	3	SB SA	H ₂ O	6,44	6,30		6,31	6,38	6,41	6,30	6,32	6,38	6,38
7	3	SB Original	CIP	10,88	10,78		10,75	10,83	10,86	10,89	10,91	10,92	10,79
8	3	SB Original	CIP	10,83	10,69	10,76	10,66	10,78	10,80	10,79	10,80	10,78	10,77
3	2	SB Original	CIP	10,95			10,77		10,88	10,88	10,88	10,88	10,85

Em todos os ensaios após mudança com *CIP* ou introdução de água as primeiras garrafas apresentavam um extrato primitivo inferior do que aquele registado para esse produto no TCF, indicativo de mistura com vestígios de água, estando algumas vezes fora da especificação (valores a vermelho na tabela 6).

Nos ensaios realizados na linha 6 registou-se um procedimento diferente aos efetuados nas outras linhas. Aquando da chegada do produto à entrada da enchedora era efetuada uma purga adicional de produto para esgoto antes deste entrar na caldeira anelar da enchedora.

Visto que, a linha 6, apesar de ser a linha com mais mudanças de produto, era a linha com melhores resultados em termos de inícios e fins de enchimento, então pensou-se que poderia estar relacionado com esta purga adicional. Tendo isto em conta e observando-se os valores de extrato primitivo das amostras retiradas antes da entrada do produto para a enchedora, também estes mais baixos do que os registados no TCF, decidiu-se aumentar o volume de produto no passo de retorno (passo 3 do programa de mudança de produto após introdução de água ou *CIP*) em 100L nas três linhas de enchimento avaliadas, linha 2, 3 e 6. Com esta medida pretendia-se que os produtos chegassem à entrada da enchedora com o extrato primitivo mais próximo ao registado no TCF, ou seja, sem o produto diluído com possíveis vestígios de água.

4.5.2. Avaliação dos inícios e fins de enchimento após aumento do volume para retorno

Após a alteração do volume para retorno foi instalada a nova torneira de amostragem na linha 6. Esta torneira permitia a amostragem do produto na chegada à linha, antes da válvula do retorno. Foram retiradas amostras aos 550L, 650L e 750L, em torno do volume de chegada do produto à linha, e aos 950L, 1050L e 1150L, por volta do volume em que acabava o retorno de produto.

Tabela 7 – Resultados dos ensaios para avaliação dos inícios e fins de enchimento após aumento do volume para retorno; valores de extrato primitivo em graus plato (vermelho: resultados fora do intervalo de especificação)

Ensaio	Linha	Produto em início de enchimento	Após	No TCF	550L	650L	750L	950L	1050L	1150L	Antes de entrar para a enchedora	Depois do ench. parcial da cuba	Primeira garrafa	200L	400L	800L	1200L	1600L
10	6	SB Original	CIP	10,82		9,66	10,69	10,77	10,73	10,73	10,69	10,76	10,57	10,73	10,71	10,74	10,74	10,72
13	6	SB Green	H ₂ O	10,81	10,85	10,88	10,87	10,88	10,78	10,87	10,81	10,80	10,75	10,84	10,86	10,88	10,89	10,88
11	3	SB Original	CIP	10,83							10,69	10,75	10,56	10,69	10,72	10,72	10,70	10,69
12	3	SB Stout	CIP	12,42							12,28	12,36	12,06					

Tal como é possível observar-se na tabela 7, as amostras recolhidas na nova torneira de amostragem tinham os valores de extrato primitivo dentro dos intervalos de especificação dos produtos e próximos do valor medido nos TCFs. Ainda assim, na chegada à enchedora e nas primeiras garrafas o extrato primitivo voltava a baixar. Na linha 3 os resultados foram idênticos.

Com isto, concluiu-se que não era resolvido o problema com o aumento do volume de produto para retorno, tendo sido repostos os valores iniciais. Os novos resultados pareciam ser indicativos de que o volume que precisava de ser alterado era o volume de empurro até à enchedora. Este poderia não ser suficiente para que a purga da água entre a válvula reguladora e a enchedora fosse completa e assim, os produtos estivessem dentro das especificações antes de entrar para a cuba da

enchedora. Tomou-se então a decisão de aumentar o volume de empurro para a enchedora em 50L em todas as linhas de garrafa.

4.5.3. Avaliação dos inícios e fins de enchimento após aumento do volume para a enchedora

Após alteração do volume de empurro até à enchedora a torneira de amostragem provisória foi deslocada para a linha 3, de forma a ser possível fazer a avaliação realizada na linha 6 em outra linha de enchimento de garrafa. A amostragem na linha 3 seguiu a lógica anterior, diferindo nos volumes em que eram retiradas as amostras, em virtudes dos volumes do programa de mudanças de produto diferirem conforme as linhas (tal como se pode observar acima na tabela 8).

Tabela 8 – Resultados dos ensaios para avaliação dos inícios e fins de enchimento após aumento do volume para a enchedora; valores de extrato primitivo em graus plato (vermelho: resultados fora do intervalo de especificação)

Ensaio	Linha	Produto em início de enchimento	Após	No TCF	550L	650L	750L	1250L	1350L	1450L	Antes de entrar para a enchedora	Depois do ench. parcial da cuba	Primeira garrafa	100L	200L	400L	800L	1200L
14	2	SB Original	CIP	10,90							10,70	10,79	10,62	10,84	10,83	10,84	10,84	10,84
17	2	SB Original	H ₂ O	10,76							10,79	10,85	10,78	10,86	10,86	10,88	10,88	
15	3	SB Originaç	CIP	10,95	10,75	10,98	10,99	10,97	10,95	10,96	10,90	10,94	10,64	10,90	10,91	10,91	10,92	10,90
16	3	SB Original	CIP	10,87	9,90	10,79	10,85	10,82	10,85	10,84	10,77	10,77	10,85	10,86	10,85	10,86	10,86	10,84

Após alteração do volume de empurro do produto para a enchedora não foram mais obtidos resultados de extrato primitivo abaixo da especificação na amostragem antes da entrada do produto para a enchedora. Por isso, a alteração mostrou-se vantajosa e foi mantida.

No entanto, continuaram a ocorrer inícios de enchimento em que a primeira garrafa tinha o extrato primitivo abaixo da especificação. Ou seja, após entrada na cuba de enchimento o produto sofre diluição. Esta diluição deve-se a vestígios de água na enchedora e, por isso, em nada se relaciona com o programa de mudanças de produto que estava a ser otimizado.

4.5.4. Validação das mudanças com *Carsberg Nox*

Reunindo todas as características físico-químicas da *Carlsberg NOX* pensou-se que algumas das mudanças de produto com esta cerveja poderiam ser realizadas sem introdução de água (à semelhança da *Super Bock Original*). Contudo, o extrato primitivo *Carlsberg NOX* é superior ao da maioria das cervejas produzidas pelo CPLB (exceto, por exemplo, a *Super Bock Abadia*), por isso, a primeira mudança de produto sem introdução de água com este produto foi acompanhada.



Figura 25 – Resultados do acompanhamento para validação da mudança de produto com Carlsberg NOX.

Os resultados, apresentados na figura 25, revelaram que, tal como acontece com a *Super Bock Abadia*, numa mudança de produto sem introdução de água o produto das primeiras garrafas era diluído pelo produto anterior. Assim, foi decidido que estas mudanças passariam a ser efetuadas com introdução de água

4.5.5. Validação das mudanças entre as diferentes *Somersby*

Numa fase inicial de implementação do enchimento das sidras no CPLB todas as mudanças entre as diversas *Somersby* eram realizadas com *CIP*. Esta foi uma medida preventiva, visto que a composição destas não apresentava diferenças que justificassem a utilização de *CIP*. Assim, realizaram-se acompanhamentos para validar que as mudanças entre *Somersby* (*Somersby Maçã*, *Citrus* e *Blackberry*) seriam com introdução de água e apenas seria realizado *CIP* aquando de uma mudança de sidra para cerveja ou vice-versa.

Seguindo a mesma logística de acompanhamentos anteriores, com amostragem do antes e após início de enchimento validaram-se as mudanças de produto com apenas introdução de água.

4.6. Conclusões

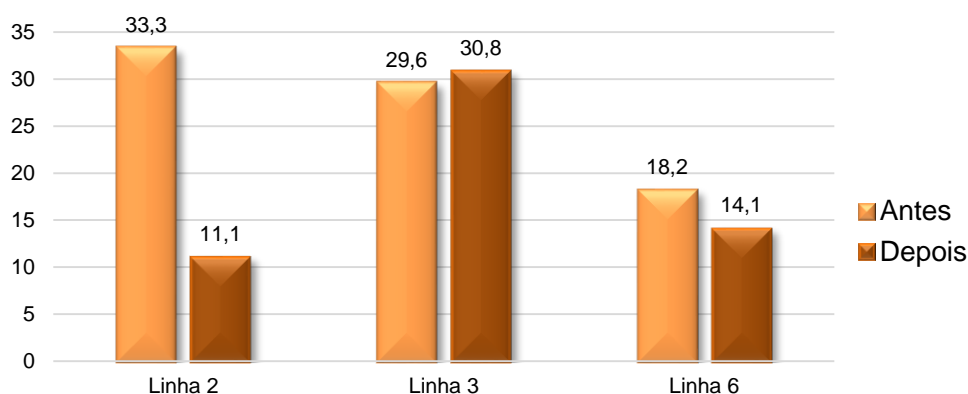


Figura 26 – Percentagem de inícios de enchimento fora da especificação 3 meses antes e 3 meses depois da alteração do volume de empurro de produto para a enchedora.

Apesar da melhoria registada, principalmente na linha 2, continuam a ocorrer situações de início de enchimento com o extrato primitivo abaixo do pretendido, tendo mesmo aumentado esta situação na linha 3. Ainda assim, os parâmetros e volumes do programa de mudanças de produto encontram-se validados.

Outra alteração após este trabalho foi a eliminação da purga que era feita na linha 6. Esta representava uma perda de produto que, após aumento do volume de empurro do produto para a enchedora, não apresentava benefícios para o enchimento.

Em virtude de se ter concluído que o problema se encontra na máquina de enchimento, foram contactados os técnicos da marca para que seja feita uma avaliação e se resolver a situação.

Comparando o anexo 1 com o anexo 2 é possível observar-se as alterações realizadas à tabela de mudanças de produto do CPLB.

5. Otimização do *CIP* aos TCFs após Produtos Aromatizados

Visto que a limpeza aos TCFs com soda cáustica acarreta grandes riscos, a higienização semanal destes (no mínimo de 5 em 5 dias e sempre que há troca de produto no tanque) é realizada com um programa de *CIP* ácido. Apenas uma vez por ano é purgado todo o CO₂ dos tanques e é efetuado o programa de *CIP* soda cáustica, ácido e desinfetante.

Após a presença dos produtos aromatizados um *CIP* ácido mostrava-se insuficiente para remover os odores a fruta destes produtos dos tanques. Além disso, também o ácido ficava com os mesmos odores, colocando a sua reutilização em limpezas subsequentes de tanques com outros produtos em causa.

A primeira solução encontrada para este problema foi a realização de 3 *CIP*s ácidos (repetição do programa existente) após produtos aromatizados, em que após o primeiro *CIP* ácido o tanque de ácido era enviado para esgoto (aproximadamente, 90hL) e depois cheio com nova solução. Esta alternativa mostrava-se eficaz na eliminação de todos os resíduos indesejados, mas muito dispendiosa em todos os sentidos (energético, económico, temporal). Por isto, era necessário proceder-se à otimização do *CIP* aos TCFs após produtos aromatizados.

5.1. Instalação *CIP* aos TCFs

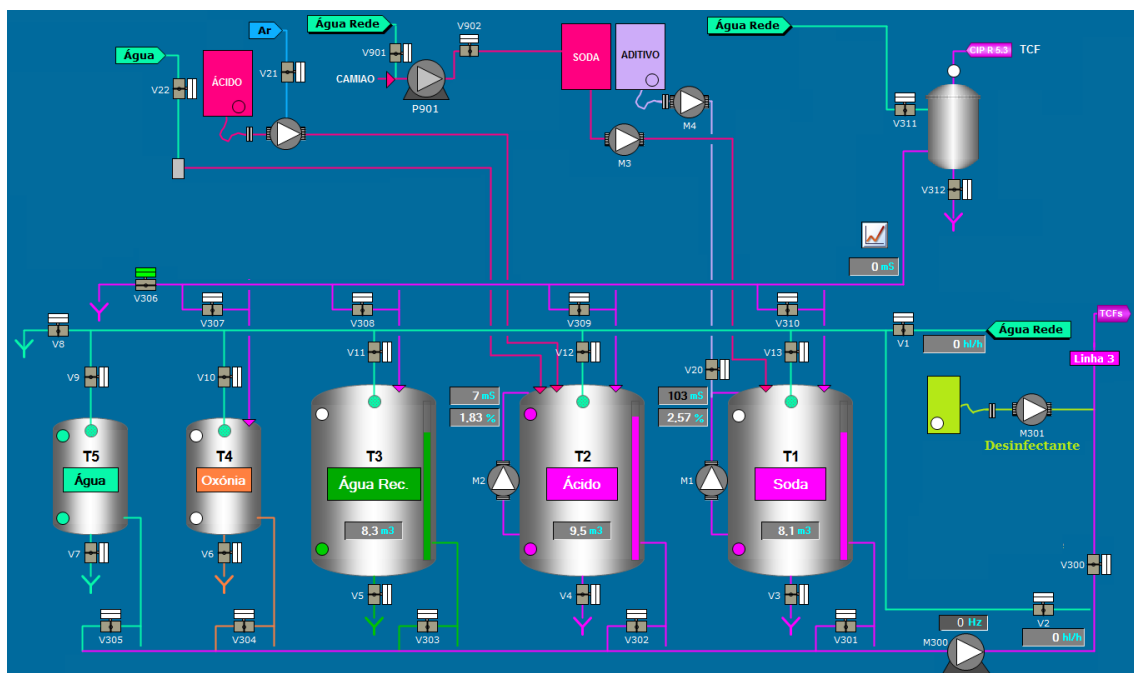


Figura 27 – Desenho Técnico da Instalação *CIP* aos TCFs do CPLB.

A instalação de higienização dos tanques de cerveja filtrada (figura 27) é constituída por 5 tanques: T1 – tanque de soda cáustica (2,5%) mais aditivo (Complex VB13 0,2%); T2 – tanque de ácido (Divosan Uniforce VS44 1,5 - 2,0%); T3 – tanque de água recuperada; T4 – tanque de desinfetante (P3 Oxonia Active); T5 – tanque de água da rede. As soluções de soda e ácido são possíveis de ser recuperadas e reutilizadas, reduzindo-se assim as taxas de consumo. Todas as soluções e a água estão à temperatura ambiente.

Tabela 9 – Composição do ácido e do desinfetante utilizados nas soluções CIP aos TCFs (%m/m)

Divosan Uniforce VS44	
Ácido Hidroxiacético	10 - 20
Ácido Sulfúrico	3 - 10
Cumeno Sulfonato de Sódio	3 - 10
Ácido Octenil Succínico	1 - 3
P3 Oxonia Active	
Peróxido de Hidrogénio	27,5
Ácido Acético	8
Ácido Peracético	5,8

O Divosan Uniforce VS44 é um detergente desinfetante ácido concentrado, que proporciona uma detergência eficaz na remoção da maioria das sujidades orgânicas e depósitos calcários, incluindo o oxalato (precipitado castanho que tende a acumular-se em compartimentos utilizados na fermentação da cerveja; caso não seja completamente removido cria uma superfície que pode abrigar microorganismos indesejados). Este está indicado para a limpeza na indústria de bebidas (cervejeiras, lacticínios), sendo particularmente adequado para ser utilizado em CIPs em atmosfera de CO₂. O seu baixo nível de espuma e a sua fórmula livre de fosfatos e nitratos permitem enxaguamentos mais reduzidos, tanto em tempo como em consumo de água. Além de mais, apresenta-se altamente eficaz contra uma grande gama de microorganismos, incluindo fungos e bactérias. O produto é ainda livre de halogéneos oxidantes (associados a corrosão das superfícies/instalações), biodegradável (estando em conformidade com as restrições ambientais) e de concentração controlável por condutividade.

O P3 Oxonia Active é um desinfetante para a indústria alimentar, baseado no peróxido de hidrogénio e no ácido peracético. Rápido e de utilização a baixas temperaturas, é eficaz contra bactérias, fungos, esporos e vírus, mesmo na presença

de matéria orgânica. A condutividade deste é insuficiente para o controlo da concentração via condutividade.

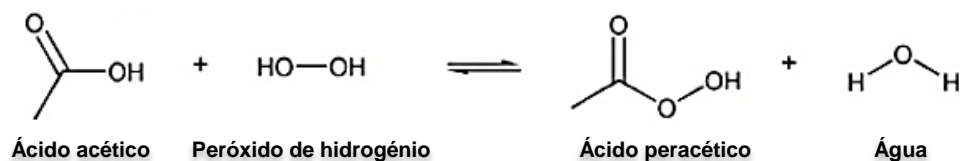


Figura 28 – Reação de produção de ácido peracético com ácido acético e peróxido de hidrogénio.

O ácido peracético pode ser produzido por reação do ácido acético com o peróxido de hidrogénio (figura 28), sendo o seu armazenamento maioritariamente efetuado através da solução estável destes compostos. Ambos, o peróxido de hidrogénio e o ácido peracético, têm propriedades desinfetantes. Estas devem-se à sua capacidade de oxidação e subsequente disrupção das membranas celulares dos microorganismos, via radicais hidroxilo (OH•) (Desconhecido, 2003). Estes danificam todos os tipos de macromoléculas: hidratos de carbono, ácidos nucleicos, lípidos (figura 29) e amino ácidos. Ao contrário do peróxido de hidrogénio, o ácido peracético não é decomposto pela catalase E peroxidase dos microorganismos e, por isso, é visto como um ótimo antimicrobiano. No entanto, a gradual eliminação do peróxido de hidrogénio afeta o equilíbrio da solução e consequentemente, a estabilidade do ácido peracético. Assim, a solução de desinfetante não é reutilizável (Desconhecido, 2010).

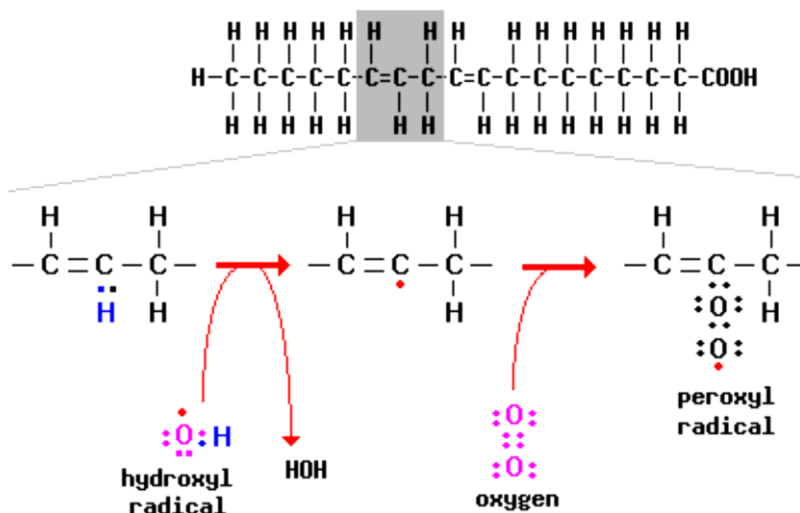


Figura 29 – Peroxidação lipídica (degradação oxidativa dos lípidos) (Desconhecido, 2003).

5.2. Programas CIP aos TCFs

São apresentados nas tabelas 10 e 11 os programas CIP ácido e desinfetante, respetivamente. Ambos seguem a estrutura de três fases fundamentais de um CIP:

enxaguamento inicial, circulação da solução de limpeza e enxaguamento final.

Os passos são controlados por três parâmetros: tempo, volume e concentração no retorno. Todos os passos são dependentes do tempo. No entanto, só alguns passos têm de cumprir também um volume ou concentração no retorno. Isto é, por exemplo, só se avança o passo de enxaguamento inicial (P4) após 200 segundos e 25 hL de envio de água para o TCF. Normalmente, o tempo do passo é definido em conformidade com o volume necessário, tendo em conta o caudal aplicado pelas bombas de envio. Ainda assim, é importante a definição de ambos os parâmetros para que se tenha a certeza de que o volume mínimo necessário para cumprir o objetivo do passo é enviado para o tanque, mesmo em caso de variações no caudal.

Apenas 2 passos são dependentes da concentração no retorno: o passo de enchimento do circuito com ácido (P22), em que o aumento da condutividade no retorno é confirmativo de que realmente todo o circuito está em contacto com a solução de ácido à concentração desejada; o passo de empurro do ácido com água (P26) de volta para o tanque de ácido, em que a diminuição da condutividade é significativa da redução da concentração da solução por mistura com água, sendo desejável enviar a partir daí a solução para esgoto e não para o tanque de ácido, de forma a não se diluir a solução no tanque (por meio da abertura/fecho de válvulas).

Tabela 10 – Programa de CIP ácido aos TCFs no CPLB

	Passo	Tempo (s)	Volume (hL)	Concentração no retorno (mS)
P1	Arranque Programa	9		
P4	Enxaguamento inicial	200	25	
P5	Esgotar tanque	5		
P19	Concentrar ácido	5		
P20	Envio de ácido até à pinha	40	2	
P21	Esgotar tanque	15		
P22	Encher circuito com ácido	300	6	4
P23	Recirculação de ácido	1500		
P24	Envio de água até à pinha	40	2	
P25	Recolher ácido do tanque	30		
P26	Empurro ácido com água	500	8	2
P27	Enxaguamento do ácido	60	15	
P28	Esgotar tanque	5		
P36	Enxaguamento final	500	25	
P37	Esgotar tanque	120		
P38	Limpeza filtro	60		
P39	Fim Programa	10		

Tabela 11 – Programa de CIP desinfetante aos TCFs do CPLB

	Passo	Tempo (s)	Volume (hL)
P1	Arranque Programa	9	
P29	Enxaguamento inicial desinfetante	80	3
P30	Envio de desinfetante até à pinha	40	2
P31	Esgotar tanque	5	
P32	Encher circuito com desinfetante	180	
P33	Recirculação de desinfetante	900	
P34	Esgotar tanque	5	
P35	Fim desinfetante	2	
P36	Enxaguamento final	500	25
P37	Esgotar tanque	120	
P38	Limpeza filtro	60	
P39	Fim Programa	10	

O passo de enchimento do circuito com desinfetante (P32) é particularmente importante, uma vez que a solução de desinfetante é realizada em linha durante o CIP. Isto é, durante os 180 segundos do passo são introduzidos na linha de envio CIP o volume de P3 Oxonia Active e água para se obter a concentração de desinfetante pretendida. Desta forma, esta solução só contacta pela primeira vez com o tanque de desinfetante após passagem no TCF e retorno.

5.3. Planos de Ensaio e Metodologia

Inicialmente, a redução do número de CIPs e de ácido gasto após produtos aromatizados nos TCFs passava pela manutenção da limpeza com um CIP ácido, mas com a definição do volume de ácido necessário para a eliminação completa dos odores dos produtos em perda, ou seja, para esgoto. Desta maneira, continuaria-se a enviar ácido para esgoto, mas a expectativa era de que seria menos de que um tanque inteiro e haveria uma redução no tempo e no consumo de água ao passar-se a fazer apenas um CIP.

Neste sentido, foi efetuado um ensaio em que o passo da recirculação do ácido (P23) foi eliminado e durante o passo de enchimento do circuito com ácido (P22) a totalidade do tanque de ácido (aproximadamente, 90hL) foi enviada em contínuo para o TCF e, de seguida, para o esgoto. Foram retiradas amostras no retorno para controlo da cor e do odor (análise sensorial) durante os passos de enxaguamento inicial, envio de ácido e enxaguamento final.

Posteriormente, desenvolveu-se ensaios com base numa outra ideia. Visto que, os compostos oxidantes do P3 Oxonia Active atuam sobre a maioria das macromoléculas, pensou-se em testar qual o seu efeito na eliminação do odor dos produtos aromatizados. Para isso, antes da realização do *CIP* ácido era feito um *CIP* desinfetante. Mais uma vez, foram retiradas amostras no retorno para controlo sensorial.

Numa última fase, foram realizados dois ensaios em que foram retiradas amostras durante o passo do enxaguamento final do *CIP* ácido para avaliação da possibilidade de redução do volume de água do passo. Com este passo pretende-se a certeza de eliminação completa do ácido nos TCFs. Assim, a análise efetuada às amostras retiradas era a medição do pH através de um elétrico e um circuito potenciometro.

5.4. Resultados

No total foram realizados 15 ensaios após os vários produtos aromatizados, exceto a Somersby Blackberry. 3 destes ensaios foram confrontados com problemas técnicos durante a sua execução e não foram concluídos.

5.4.1. Ensaio para definição do volume de ácido necessário para a eliminação completa dos odores dos produtos aromatizados

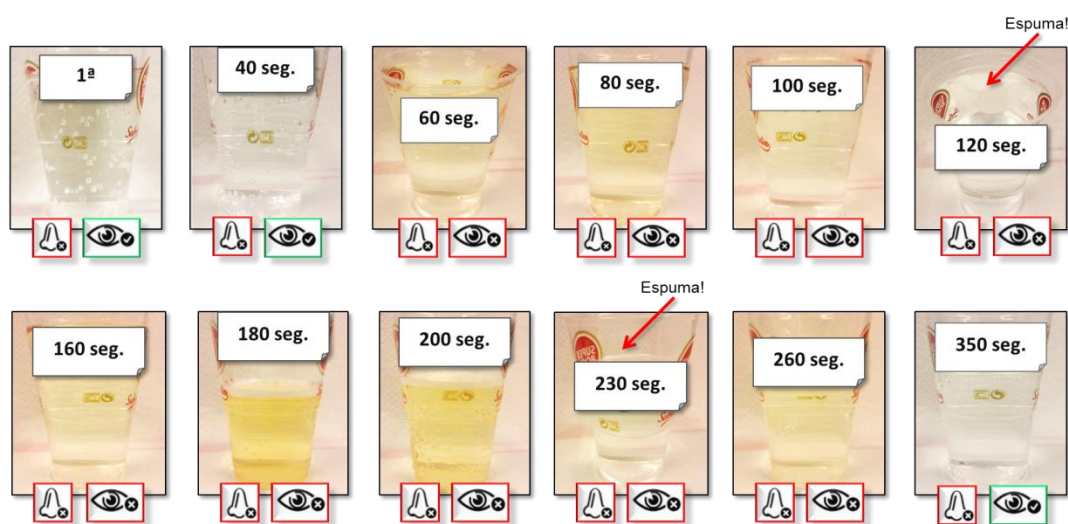


Figura 30 – Resultados da análise sensorial ao enxaguamento inicial do *CIP* ácido ao TCF após Somersby.

O enxaguamento inicial do *CIP* ácido demorou mais do que os 200 segundos definidos. Só ao fim de 350 segundos e sensivelmente 13hL de envio de água é que a cor foi eliminada. O odor não foi eliminado durante os 20hL totais deste

enxaguamento. O aparecimento de amostras mais límpidas no meio do enxaguamento está relacionado com o circuito que a água percorre e eram expectáveis.

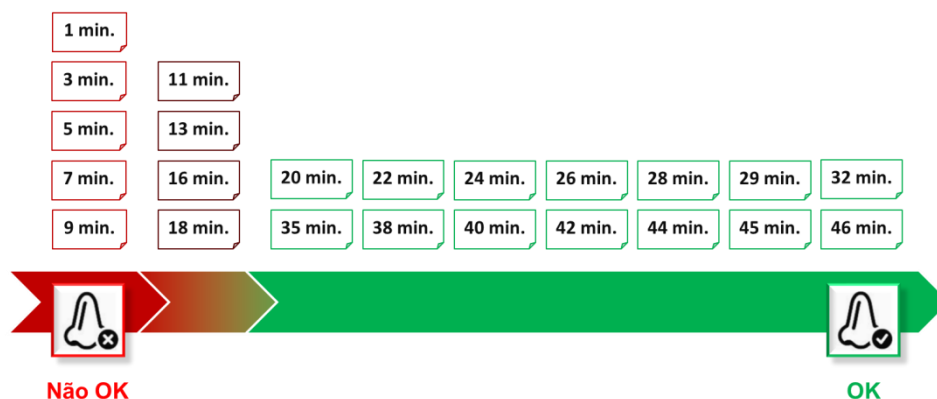


Figura 31 – Resultados da análise sensorial ao ácido do CIP ácido ao TCF após Somersby.

O envio de todo o tanque de ácido para limpeza do TCF durou 46 minutos. O odor a Somersby deixa de ser completamente sentido no ácido após 20 minutos, o que, tendo em conta o caudal de envio, equivale a cerca de meio tanque (45hL).

Nenhuma das amostras de água do enxaguamento final apresentavam cor ou odor a Somersby.

Desta forma, a limpeza foi realizada com sucesso com apenas um CIP ácido.

5.4.2. Ensaio com o CIP desinfetante antes do CIP ácido

Os primeiros dois ensaios com o CIP desinfetante antes do CIP ácido, um após *Somersby Maçã* e outros após *Super Bock Green*, levaram-nos a concluir que tinham de ser feitas alterações ao programa de CIP desinfetante para que esta higienização fosse eficaz.

Para começar, o enxaguamento inicial tinha de ser aumentado. Visto que, este CIP não era anteriormente realizado como primeira abordagem de limpeza, mas sim sempre depois de no mínimo um CIP ácido, este enxaguamento era muito curto. Este era de 80 segundos e 3hL, sendo insuficiente para a eliminação dos resíduos de produto no TCF. As amostras de enxaguamento inicial tinham todas a cor e o odor dos produtos.

Contudo, os primeiros ensaios mostraram-se promissores. Mesmo com o enxaguamento inicial insuficiente, as amostras de enxaguamento final do CIP desinfetante não apresentavam cor e odor no ensaio após *Super Bock Green*, assim como as amostras do enxaguamento inicial e final do CIP ácido e do próprio ácido não apresentavam cor e odor em ambos os ensaios. Assim, não foi necessário enviar

nenhum do ácido para esgoto; este retornou ao tanque para reutilização em próximas limpezas.

Nos ensaios seguintes aumentou-se o enxaguamento inicial do CIP desinfetante para 700 segundos e 35hL.

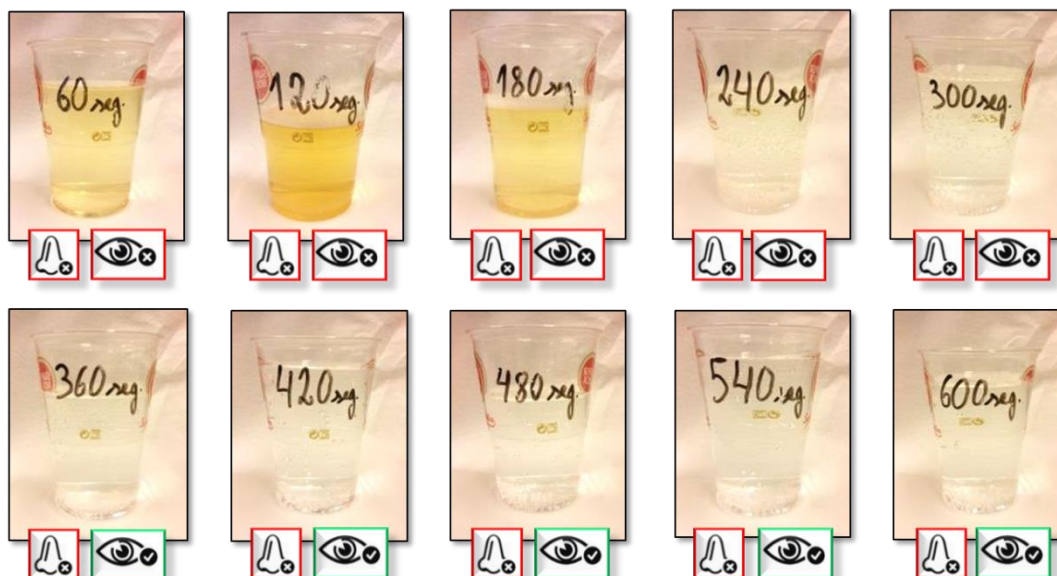


Figura 32 – Amostras dos 60 aos 600 segundos de enxaguamento inicial do CIP desinfetante ao TCF após Somersby Maçã (ensaio 8).

Tabela 12 – Resumo dos resultados obtidos nos ensaios com o CIP desinfetante antes do CIP ácido

	Critério OK	Eliminação da cor			Eliminação do odor	
		Enxaguamento Inicial CIP Desinfetante			Enxaguamento Final CIP Ácido	
Ensaio	Produto					
3	Somersby Maçã	Não OK			OK	
5		Aos 180 segundos			-	
7		Aos 360 segundos			OK	
8		Aos 360 segundos			OK	
10	Somersby Citrus	Aos 300 segundos			OK	
11		Aos 300 segundos			OK	
2	SB Green	Não OK			OK	
4		Aos 600 segundos			OK	
6		Aos 240 segundos			OK	
9	SB Tango	Aos 540 segundos			OK	

Os resultados obtidos foram sempre idênticos aos apresentados na figura 32,

diferindo apenas na amostra em que se deixava de precepcionar a cor (resumo dos resultados na tabela 12). O produto mais facilmente enxaguado é a *Somersby*, enquanto a *Super Bock Tango* é a que apresenta a eliminação de cor mais tardia. Posto isto, a definição de um valor para o enxaguamento inicial do *CIP* após produtos aromatizados teve por base o tempo a que foi eliminada a cor da *Super Bock Tango* (540 segundos). O odor estava sempre presente em todas a mostras.

Os problemas técnicos mencionados anteriormente, ocorridos em 4 ensaios foram de dois tipos: o volume de água inserido na linha no passo de enchimento do circuito com o desinfetante não era suficiente para a recirculação ou a concentração de desinfetante era insuficiente.

O tanque de desinfetante tem duas sondas de nível, uma a sensivelmente um quarto da altura e outra a pouco mais que três quartos da altura, sendo, respetivamente, as sondas de nível mínimo e de nível máximo. O tempo definido inicialmente para o passo de enchimento do circuito com desinfetante (P32) por vezes não era suficiente para manter o tanque sempre com o nível mínimo durante a recirculação. Nessas alturas o programa entrava em alarme e não funcionava, até que tivesse retornado solução ao tanque suficiente para atingir a sonda. Este valor temporal foi então alterado ao longo dos ensaios para que se conseguisse concluir qual o valor necessário para se atingir a segunda sonda de nível e assim se garantir a etapa da recirculação sem problemas. Além disto, mais solução de desinfetante, significaria mais moléculas de desinfetante a atuar nos resíduos dos produtos, vantajoso na limpeza. A etapa passou a durar 450 segundos em vez dos 180 segundos anteriores.

Ao aumentar-se o passo de enchimento de circuito, a concentração do desinfetante variou (relembra-se que a solução de desinfetante é diluída em linha). Tendo em atenção as recomendações do fornecedor do desinfetante definiu-se que a concentração seria de 20L de desinfetante para aproximadamente 700L de água.

5.4.3. Ensaios para otimização do volume do passo de enxaguamento final do *CIP* ácido

Foi durante os ensaios 7 e 8 que se retiraram amostras do enxaguamento final do *CIP* ácido para medição do pH. Os resultados obtidos encontram-se nos gráficos abaixo.

O pH 5,0 é considerado o pH mínimo admitido para o final do enxaguamento do *CIP* ácido. Porém, os resultados obtidos mostraram-nos que esse valor de pH não estava a ser atingido. O pH estabiliza ao fim de 180 segundos de enxaguamento entre

os 4,7 e os 5,0, mas nunca atinge o valor desejado de 5,0.

Pensa-se que estes resultados se devam à atmosfera de CO_2 dos TCFs. A água absorve o CO_2 , o qual é então convertido em bicarbonato e iões hidrogénio, criando-se ácido carbónico e, por isso, a água torna-se ligeiramente ácida.

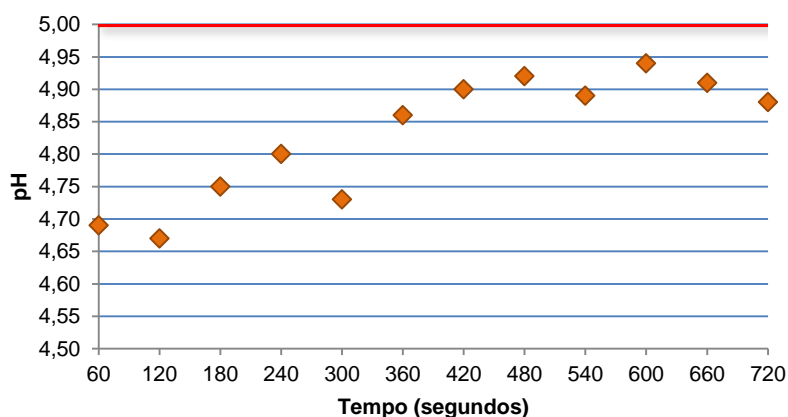
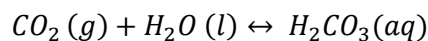


Figura 33 – pH em função do tempo de enxaguamento final do CIP ácido (ensaio 7).

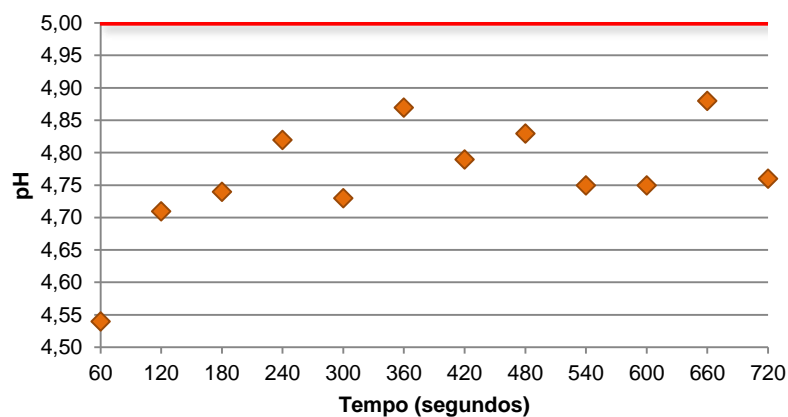


Figura 34 – pH em função do tempo de enxaguamento final do CIP ácido (ensaio 8).

Dada a regularidade dos resultados obtidos, assumiu-se que o volume e o tempo de enxaguamento final do CIP ácido é suficiente e este manteve-se sem alterações.

5.5. Conclusões

O novo programa de CIP aos TCFs após produtos aromatizados, resultante da

investigação desenvolvida, encontra-se na tabela 13.

Tabela 13 – Programa de CIP desinfetante + ácido aos TCFs após produtos aromatizados no CPLB

	Passo	Tempo (s)	Volume (hL)	Concentração no retorno (mS)
P1	Arranque Programa	9		
P29	Enxaguamento inicial desinfetante	500	25	
P30	Envio de desinfetante até à pinha	15		
P31	Esgotar tanque	5		
P32	Encher o circuito com desinfetante	450		
P33	Recirculação de desinfetante	900		
P34	Esgotar tanque	5		
P35	Fim desinfetante	2		
P36	Enxaguamento final	500	25	
P19	Concentrar ácido	5		
P20	Envio de ácido até à pinha	40	2	
P21	Esgotar tanque	15		
P22	Encher circuito com ácido	300	6	4
P23	Recirculação de ácido	1500		
P24	Envio de água até à pinha	40	2	
P25	Recolher ácido do tanque	30		
P26	Empurro ácido com água	500	8	2
P27	Enxaguamento do ácido	60	15	
P28	Esgotar tanque	5		
P36	Enxaguamento final	500	25	
P37	Esgotar tanque	120		
P38	Limpeza filtro	60		
P39	Fim Programa	10		

Não foi efetuado nenhum ensaio após *Somersby Blackberry*, todavia pensa-se que o CIP resultará também após este produto, uma vez que, a sua composição é semelhante à das restantes sidras.

Num futuro próximo o fornecedor do desinfetante será alterado. A fórmula do novo produto, o Divosan Forte VT6, é diferente apenas na concentração dos compostos (mais concentrado três vezes e, por isso, terá de ser diluído três vezes mais). Pensa-se que esta alteração não terá influência no programa desenvolvido, sendo apenas necessárias alterações na bomba de doseamento.

Após validação deste novo desinfetante, fica apenas a faltar a automação do novo programa CIP para que a otimização seja dada como concluída.

Tendo em conta os valores dos volumes de poupança de água e ácido

apresentados na tabela 14 e as estimativas de produção dos produtos aromatizados, julga-se que com a otimização realizada a empresa irá ter uma poupança de aproximadamente 49000 euros no prazo de um ano. Além de mais, a ocupação do tempo de produção com a higienização foi reduzida para quase metade e a redução do número de *CIPs* permite também uma poupança energética.

Tabela 14 – Estimativa da poupança de químicos, água e tempo com o novo programa *CIP*

	3 <i>CIPs</i> Ácidos	1 <i>CIP</i> Desinfetante + 1 Ácido	Poupança
Água	~ 31810L	~ 13350L	~ 18460L
Ácido	~ 190L	~ 0L	~ 190L
Desinfetante	0L	~ 20L	---
Tempo	~ 4h30min.	~ 2h30min.	~ 2h

6. Otimização dos *CIPs* às Linhas de Barril

O trabalho realizado nas linhas de barril focou a otimização dos volumes de água dos enxaguamentos dos *CIPs* com soda cáustica, ácido e esterilização.

6.1. Instalação *CIP* às Linhas de Barril

As soluções *CIP* utilizadas nas linhas de barril provêm do *CIP* centralizado do CPLB. Esta instalação adquire esta denominação, uma vez que, esta é utilizada para a higienização de todas as linhas de enchimento de garrafa e barril. Esta é uma instalação com sistema de reuso, em que as soluções são utilizadas em contínuo um número definido de utilizações. Depois, as soluções de limpeza devem ser descarregadas, o tanque deve ser limpo e reabastecido com soluções novas; o mesmo se aplica para os tanques da água, especialmente a água de enxaguamento.

A instalação é constituída por:

1. Tanque de soda cáustica a operar a uma temperatura de 80°C, com uma concentração entre 1,5 - 2,0 %, e aditivo Complex VB13 a uma concentração de 0,15 - 0,25%;
2. Tanque de ácido P3-Horolith LF a operar à temperatura ambiente, com concentração de 0,8 - 1,2%;
3. Tanque de água quente a operar a 80°C;
4. Tanque de água fria (água da rede à temperatura ambiente);
5. Permutadores de calor de placas para realizar o aquecimento até à temperatura desejada dos tanques de soda cáustica e de água quente;
6. Bombas de envio e retorno e respetivos sistemas de tubagens;
7. Transdutores de temperatura e condutividade nas tubagens de retorno.

6.2. Programas *CIP* às Linhas de Barril

Os programas *CIP* às linhas de barril encontram-se nos Anexos 3, 4, 5 e 6.

6.3. Plano de Ensaio

Para avaliação dos enxaguamentos intermédios e finais foram retiradas amostras ao longo destes passos no ponto mais próximo do retorno possível: no barril TP, nos bicos dos módulos de enchimento; no barril TR, na tubagem de retorno após módulos de enchimento.

Às amostra do enxaguamento da soda e do ácido foi medido o pH com um potenciómetro, enquanto que à amostragem do enxaguamento após esterilização foi

medida a temperatura com um termómetro. Foram ainda registadas as informações visíveis no autómato do *CIP*, a condutividade e a temperatura, para comparação com os resultados das medições às amostras recolhidas.

Após o enxaguamento da soda cáustica o pH deve ser inferior a 9,5; após enxaguamento do ácido está definido que o pH deve apresentar um valor superior a 5,0; após enxaguamento da esterelização a temperatura deverá ser menor ou igual à temperatura da água fria (temperatura ambiente), uma vez que, este enxaguamento tem como objetivo o arrefecimento das linha e dos equipamentos que irão receber o produto para enchimento.

6.4. Resultados

6.4.1. Enxaguamentos no Barril TP

O enxaguamento em avaliação nos *CIPs* à linha de barril TP era o enxaguamento final (fase 166). Em virtude de esta fase ser utilizada nos diferentes programas, esta foi acompanhada no *CIP* soda + ácido e no *CIP* soda + esterilização.

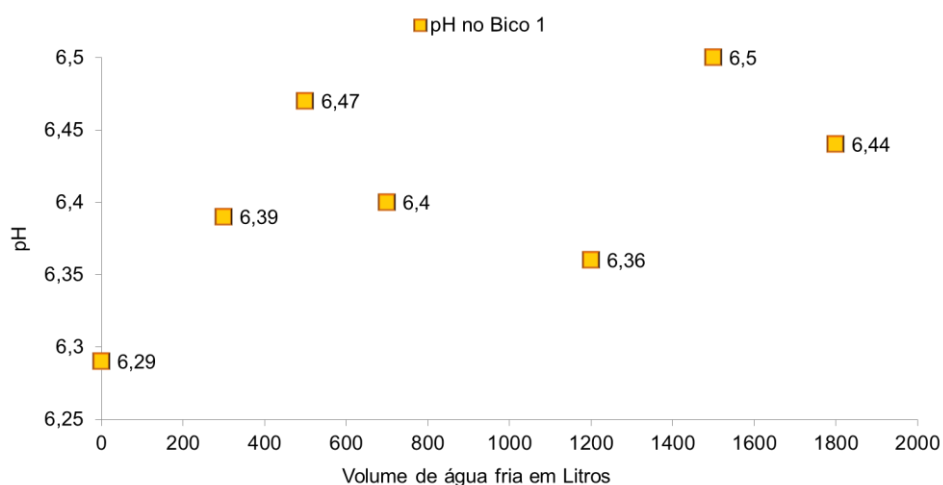


Figura 35 – Ensaio 1: pH das amostras recolhidas no Bico 1 do enxaguamento final do *CIP* soda + ácido em função do volume de água fria (passo 21, fase 166).

No ensaio 1 foi acompanhado esta fase no *CIP* soda + ácido, tendo sido obtidos os resultados apresentados na figura 35. A partir da primeira amostra o pH encontra-se acima do pH mínimo admitido (pH 5). Estes resultados corroboram a redução deste enxaguamento.

O *CIP* soda + esterilização foi acompanhado nos ensaios 2 e 3, onde a fase 166 corresponde ao passo de enxaguamento final após o passo de esterilização.

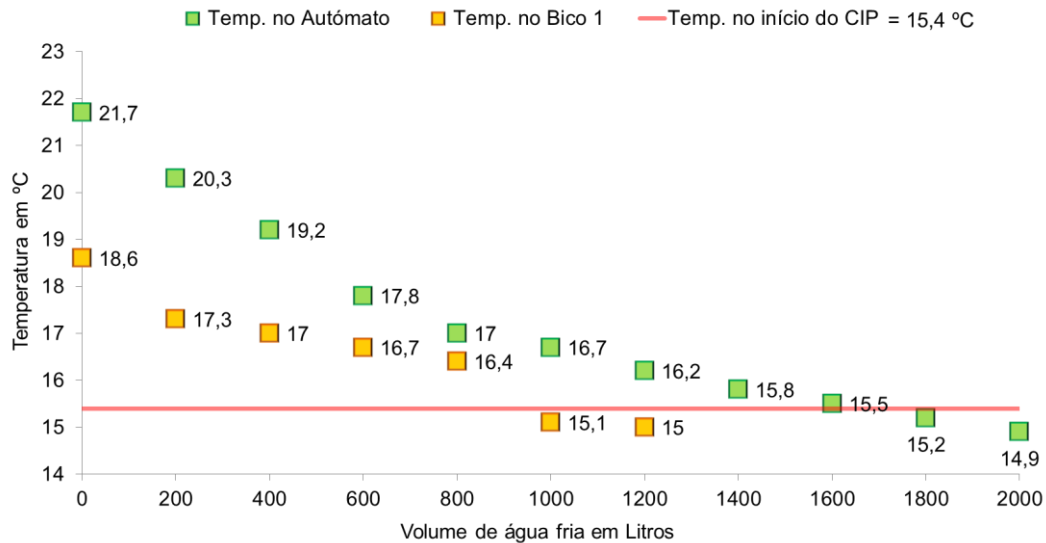


Figura 36 – Ensaio 2: Temperatura das amostras recolhidas no bico 1 e registada no autómato durante o enxaguamento do CIP soda + esterilização em função do volume de água fria (passo 22; fase 166).

Como se pode observar nos gráficos das figuras 36 e 37, a temperatura da água vai diminuindo ao longo do enxaguamento (de encontro ao objetivo). Esta iguala a temperatura ambiente registada nos dias dos ensaios (curiosamente a mesma em ambos, 15,4 °C) entre os 1000 e 1200 L de água fria. Porém, será suficiente o arrefecimento da linha até sensivelmente os 20 °C.

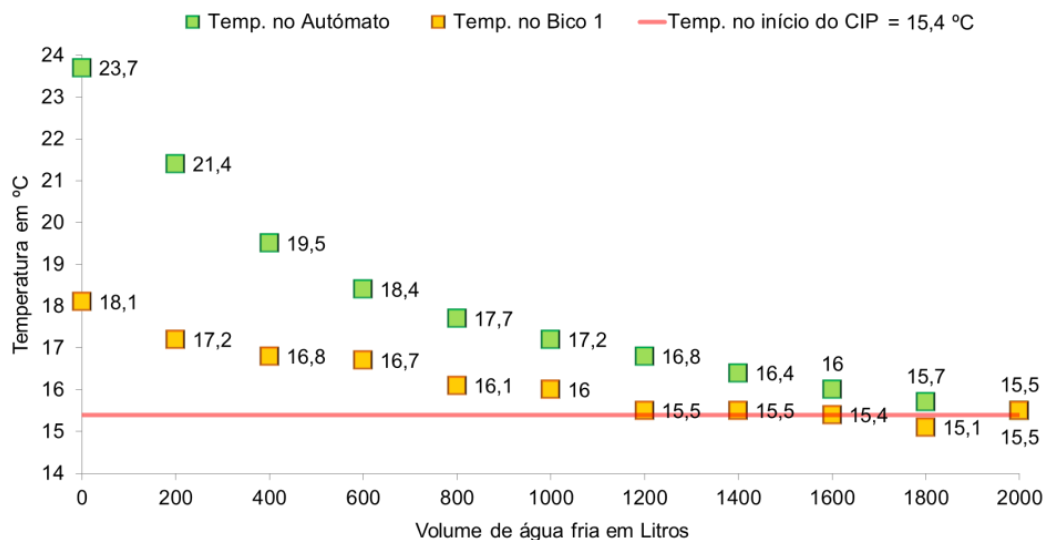


Figura 37 – Ensaio 3: Temperatura das amostras recolhidas no bico 1 e registada no autómato durante o enxaguamento do CIP soda + esterilização em função do volume de água fria (passo 22; fase 166).

6.4.2. Enxaguamentos no Barril TR

Nos CIPs à linha de barril TR havia dois enxaguamentos a acompanhar: o

enxaguamento intermédio (fase 292) e o enxaguamento final (fase 167). Tal como na linha TP, esta fase foi avaliada no *CIP* soda + ácido e no *CIP* soda + esterilização.

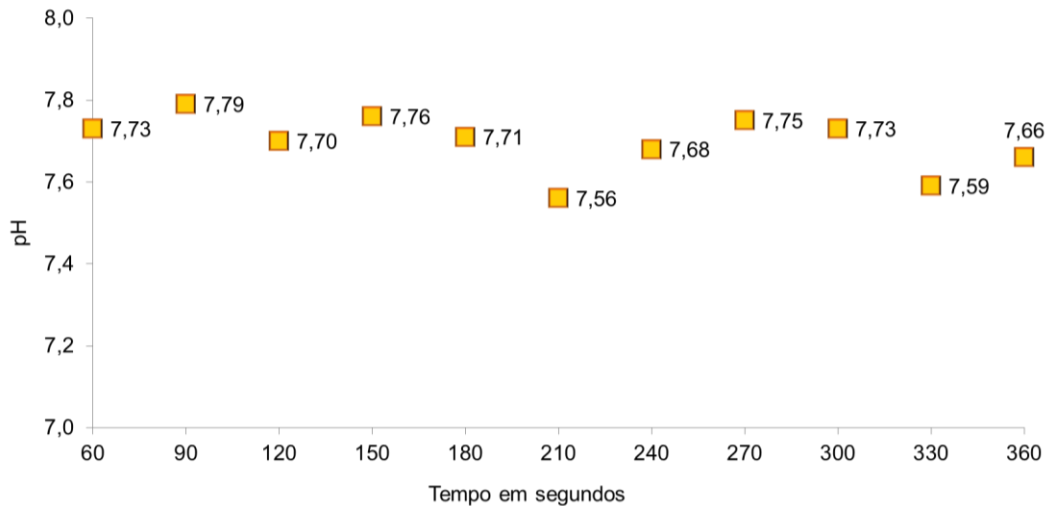


Figura 38 – Ensaio 4: pH das amostras recolhidas no retorno após módulos de enchimento do enxaguamento intermédio do *CIP* soda + esterilização em função do tempo de enxaguamento (passo 13, fase 292).

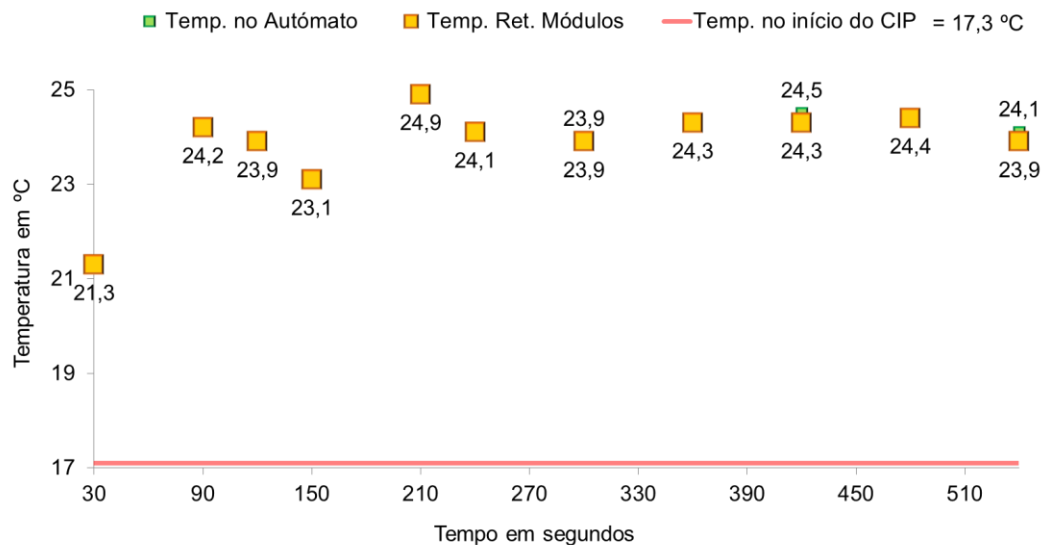


Figura 39 – Ensaio 4: temperatura das amostras recolhidas no retorno após módulos de enchimento e registada no autómato durante o enxaguamento final do *CIP* soda + esterilização em função do tempo de enxaguamento (passo 21, fase 167).

No primeiro ensaio realizado na linha TR, ensaio 4, ambas as fases foram avaliadas. Em virtude de o autómato da linha TR se encontrar distante do ponto de amostragem as amostras foram retiradas de forma periódica e os tempos registados.

Visto que após soda cáustica o pH deve descer para um valor abaixo de 9,5, os resultados obtidos nas medições de pH da amostragem do enxaguamento,

apresentados na figura 38, vão de encontro à ideia de que este enxaguamento pode ser reduzido. Esta redução já tinha sido feita no passo correspondente na linha TP com resultados satisfatórios.

Quanto à temperatura do enxaguamento final, esta manteve-se constante a menos de 25 °C, não tendo sido atingida a temperatura registada como temperatura ambiente no dia do ensaio. Todavia, o valor de 25 °C não é uma temperatura incompatível com a produção, uma vez que no início de enchimento a linha é enxaguada com CO₂ e água desarejada.

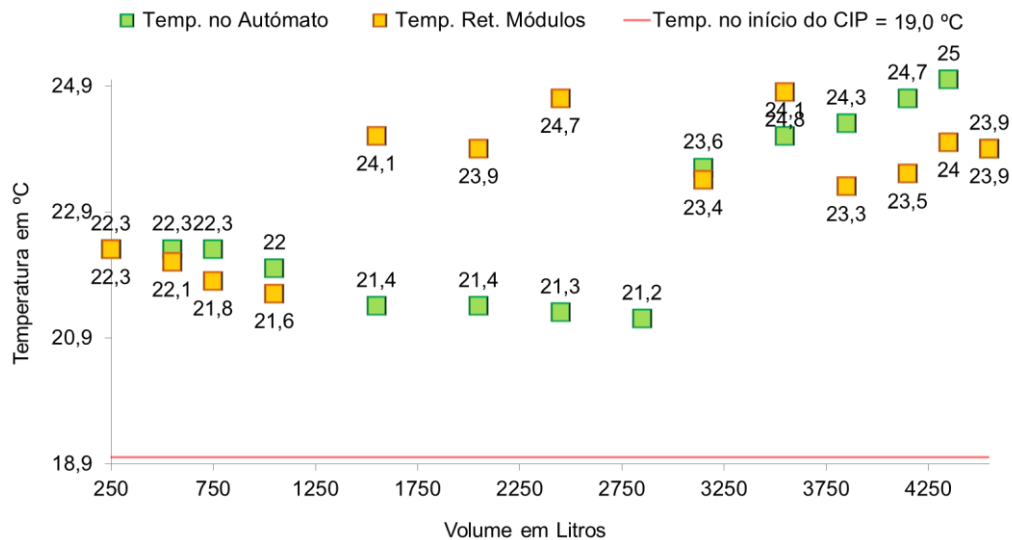


Figura 40 - Ensaio 5: temperatura das amostras recolhidas no retorno após módulos de enchimento e registada no autómato durante o enxaguamento final do CIP soda + esterilização em função do volume de água fria (passo 21, fase 167).

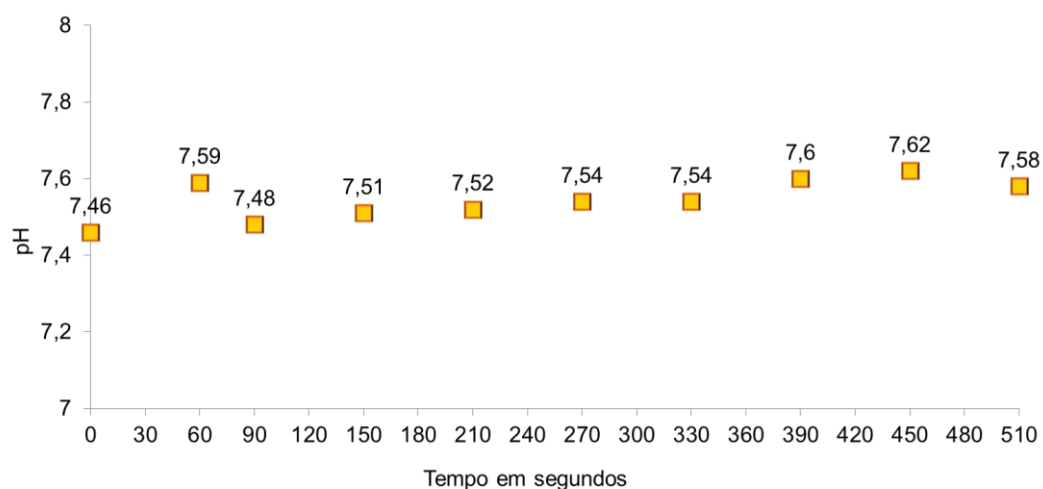


Figura 41 - Ensaio 6: pH das amostras recolhidas no Retorno após Módulos de enchimento do enxaguamento final do CIP soda + ácido em função do tempo de enxaguamento (passo 21, fase 167).

Os resultados obtidos no ensaio 5 são equivalentes aos do ensaio 4. Neste ensaio foi ainda possível registar as temperaturas indicadas no autómato e retirar as amostras com base no volume de água fria.

Foi ainda realizado um sexto ensaio em que foi acompanhado o *CIP* soda + ácido com amostragem do enxaguamento final do ácido. Foram obtidos novamente resultados no sentido da otimização dos volumes deste enxaguamento. Todas as amostras apresentavam pH superior ao pH mínimo aceitável.

6.5. Conclusões

Com base nos resultados obtidos foram sugeridos a alteração dos volumes dos enxaguamentos das fases 166, 167 e 292 para os apresentados na tabela 15.

Tabela 15 – Atualidade e sugestões dos volumes dos enxaguamentos dos *CIPs* das linhas de barril

	Barril TP			Barril TR		
	Fase	Volume Atual	Sugestão	Fase	Volume Atual	Sugestão
Enxaguamento com água fria (intermédio)	291	200	OK	292	3000	1200 ou menos
Enxaguamento com água fria (final)	166	2000	750 ou menos	167	4550	1750 ou menos

Para que este trabalho seja concluído é necessário o acompanhamento com amostragem dos enxaguamentos, em ambas as linhas de barril, para validação dos volumes sugeridos após automação dos mesmos.

7. Propostas de Melhoria e Trabalho Futuro

No decorrer do trabalho desenvolvido na área do enchimento surgiu a ideia de criação de um novo tipo de mudança de produto sem introdução de água, mas com retorno de produto. Este novo programa poderia ser aplicado a cervejas como a *Super Bock Abadia* e a *Carlsberg NOX*. Desta forma, o produto que se demonstrou ficar diluído por vestígios da cerveja anterior iria para retorno, sendo reaproveitado, assim como haveria uma poupança substancial no volume de água e no tempo de produção.

Outra proposta discutida seria a instalação de um medidor de extrato na linha de chegada do produto à enchedora. Com este seria possível fazer um controlo automático e imediato do extrato primitivo e os volumes dos empurros do programa de mudança de produto seriam otimizados ao máximo. No entanto, esta instalação acarreta um custo muito elevado, sendo prioritária a intervenção nas enchedoras.

Durante a execução do trabalho de otimização dos *CIPs* da adega houve dificuldade em recolher as amostras devido à inexistência de uma torneira de recolha na linha de retorno. Assim, recomenda-se a instalação da referida torneira para facilitar o acompanhamento destes *CIPs*.

Devem ainda ser atualizada as informação constante no Manual Técnico de Higienização com todas as alterações realizadas aos *CIPs* da adega e do enchimento em barril.

Bibliografia

Berk Zeki Food Process Engineering and Technology, Elsevier, 2009.

Briggs Dennis E. [et al.] Brewing: Science and practice, Cambridge, Inglaterra, Woodhead Publishing Limited, 2004.

Cabrita J. [et al.] Curso de Produção de Cerveja, Leça do Balio, Portugal, Unicer, SA, 1985.

Chisti Yusuf Modern Systems of Plant Cleaning, Almeria, Espanha, Academic Press, 1999.

Desconhecido Hydrogen Peroxide, Peracetic Acid and Sodium Percarbonate, Massachusetts Department of Environmental Protection, 2010.

Desconhecido Hypertexts for Biomedical Sciences: Free Radicals and Reactive Oxygen, Colorado State University, 2003.

Foster Tammy e Vasada Purnendu C. Beverage quality and safety, CRC Press, 2003.

Fox Glen P. Biochemical and molecular evaluation of quality for malt and feed barley, Lismore, País de Gales, Southern Cross University, 2008.

Jude Benjamin e Lemaire Eric How to Optimize Clean in Place (CIP) Processes in Food and Beverage Operations, Schneider Electric, 2013.

KHS Instruções de operação da Envasadora de garrafas de vidro (Innofill), Dortmund.

Lelieveld H.L.M. [et al.] Hygiene in food processing, CRC Press, 2003.

Lewis Michael J. Beer and Brewing, Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, John Wiley & Sons, Inc., 2003. - Vol. 3.

Lodolo E. [et al.] The yeast *Saccharomyces cerevisiae* – the main character in beer brewing; África do Sul, Blackwell Publishing Ltd., 2008. - Vol. 8.

McCrorie Colin New developments in CIP technology, Brewer & Distiller International, 2012.

O'Rourke Tim The role of oxygen in brewing, The Brewer International , 2002.

Pak Tetra Handbook Cleaning in Place - A guide to cleaning technology in the food processing industry, Lund, Suécia.

Saraiva André Augusto Matos Avaliação da Eficácia de Desinfetantes na Indústria Agroalimentar, Aveiro, Portugal, Universidade de Aveiro, 2011.

Stanga Mario Sanitation: Cleaning and Disinfection in the Food Industry, Weinheim, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2010.

Tamime Adnan Y. Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations, Blackwell Publishing, 2008.

Anexo 1 – Mudanças de Produto das Linhas de Garrafa do CPLB antes do trabalho realizado

Tabela 16 – A: Mudança de produto sem introdução de água; B: Mudança de Produto com introdução de água;
C: Mudança de produto com CIP

De ↓ para →	Super Bock Tango	Super Bock Green	Super Bock Stout	Cristal Preta	SBSA Preta	Super Bock	Cristal e Marina	Carlsberg	SBSA	Super Bock Abadia
Super Bock Tango		C	C	C	C	C	C	C	C	C
Super Bock Green	C		C	C	C	C	C	C	C	C
Super Bock Stout	B	B		A	B	B	B	B	B	B
Cristal Preta	B	B	A		B	B	B	B	B	B
SNSA Preta	B	B	B	B		B	B	B	B	B
Super Bock	B	B	A	A	B		A	A	B	A
Cristal e Marina	B	B	A	A	B	A		A	B	A
Carlsberg	B	B	A	A	B	A	A		B	A
SBSA	B	B	B	B	A	B	B	B		B
Super Bock Abadia	B	B	A	A	B	B	B	B	B	

Anexo 2 – Mudanças de Produto das Linhas de Garrafa do CPLB depois do trabalho realizado

Tabela 17 – A: Mudança de produto sem introdução de água; B: Mudança de Produto com introdução de água;
C: Mudança de produto com CIP

[illegible]

Anexo 3 – Programa de CIP soda +
esterilização da Linha Barril TP

Fase		Passo	Condições de Fim de Fase											Objetivo do passo	Fluido	Origem do fluido	Destino do fluido	Critério de mudança	
			Tempo (seg.)	Volume (litros)	Tempo cond. OK (seg.)	Flash pronto para CIP	Flash Vazio	Tanque de Retorno Vazio	Tanque de Tampão Vazio	T01 OK (Tanque de Água Fria)	T02 OK (Tanque de Água Quente)	T04 OK (Tanque de Soda)	Temp. >= SP (°C)						Temp. <= SP (°C)
CIP Soda + Esterilização - P5 → Programa 36	149	1	Aguarda as condições iniciais			5	x	x	x	x	x	x					-	Tanque tampão, tanque de retorno e flash vazios; temperatura e [] dos tanques CIP >= SP.	
	150	2	Retirar filtros				x	x	x								-	Operadores dão ordem no autómato de filtros retirados.	
	152	3	Entrada de água fria	750											3,5	tanque de água fria	-	Volume	
	3	4	Esvaziamento			10	x	x	x						3,5	-	esgoto	Circuito vazio (tanques e flash).	
	154	5	Enxaguamento com água fria	1400											3,5	tanque de água fria	esgoto	Volume	
	168	6	Entrada de soda	750											3,5	soda	esgoto	Volume	
	3	7	Esvaziamento			10	x	x	x						3,5	-	esgoto	Circuito vazio (tanques e flash).	
	170	8	Retorno de soda		1700	10						60			3,5	soda	esgoto	Temperatura em retorno >= 60 °C e [] em retorno >= 75 ms	
	172	9	Circulação de soda		1200							70			3,5	soda	tanque de soda	Tempo: se perder a condição de temperatura em retorno, o tempo reinicia.	
	174	10	Entrada de água fria	950											3,5	água fria	tanque de soda	Volume	
	26	11	Esvaziamento			10	x	x	x						3,5	-	esgoto	Circuito vazio (tanques e flash).	
	176	12	Arrasto da soda	1400	10							35			5	-	tanque de água fria	tanque de soda	Temperatura em retorno >= 35 °C e [] em retorno <= 5 ms
	291	13	Enxaguamento com água fria	200											3,5	água fria	tanque de água fria	esgoto	Volume
	151	14	Colocar filtros			5										-	-	Operadores dão ordem no autómato de filtros colocados.	
	156	15	Entrada de água quente		750										3,5	água quente	tanque de água quente	esgoto	Volume
	3	16	Esvaziamento			10	x	x	x						3,5	-	esgoto	Circuito vazio (tanques e flash).	
	158	17	Retorno de água quente	1700	10							60			3,5	água quente	tanque de água quente	esgoto	Temperatura em retorno >= 60 °C
	160	18	Esterilização		1200							70			3,5	água quente	tanque de água quente	Tempo: se perder a condição de temperatura em retorno, o tempo reinicia.	
	162	19	Entrada de água fria	950											3,5	água fria	tanque de água quente	tanque de água quente	Volume
	9	20	Esvaziamento			10	x	x	x						3,5	-	esgoto	Circuito vazio (tanques e flash).	
	164	21	Arrasto de água quente	1400	10							35			3,5	água fria	tanque de água fria	tanque de água quente	Temperatura em retorno <= 35 °C
	166	22	Enxaguamento com água fria	2000											3,5	água fria	tanque de água fria	esgoto	Volume
	12	23	Esvaziamento final			120	x	x	x						3,5	-	esgoto	Circuito vazio (tanques e flash).	
	13	24	Fim de limpeza	10												-	-	-	

Anexo 4 – Programa de CIP soda + ácido da Linha Barril TP

Fase	Passo	Condições de Fim de Fase										Objetivo do passo	Fluido	Origem do fluido	Destino do fluido	Critério de mudança
		Tempo (seg.)	Volume (litros)	Tempo cond. OK (seg.)	Flash Vazio	Tanque de Retorno Vazio	Tanque Tampão Vazio	T01 OK (Tanque de Água Fria)	T03 OK (Tanque de Ácido)	T04 OK (Tanque de Soda)	Temp. >= SP (°C)	Temp. <= SP (°C)	Cond. >= SP (mS)	Cond. <= SP (mS)	SP Pressão (bar)	
28	1	Aguarda as condições iniciais		5	x	x	x	x	x	x						Tanque tampão, tanque de retorno e flash vazios; temperatura e [] dos tanques CIP >= SP.
150	2	Retirar filtros														Operadores dão ordem no automático de filtros retirados.
152	3	Entrada de água fria	750													Volume
3	4	Esvaziamento		10	x	x										Circuito vazio (tanques e flash).
154	5	Enxaguamento com água fria	1400													Volume
168	6	Entrada de soda	750													Volume
3	7	Esvaziamento		10	x	x	x									Circuito vazio (tanques e flash).
170	8	Retorno de soda	1700	10							60	75				Temperatura em retorno >= 60 °C e [] em retorno >= 75 mS
172	9	Circulação de soda		1200							70	75				Tempo: se perder a condição de temperatura em retorno, o tempo reinicia.
174	10	Entrada de água fria	950													Volume
26	11	Esvaziamento		10	x	x	x									Circuito vazio (tanques e flash).
176	12	Arrasto da soda	1400	10							35		5			Temperatura em retorno <= 35 °C e [] em retorno <= 5 mS
281	13	Enxaguamento com água fria	200													Volume
178	14	Entrada de ácido	750													Volume
3	15	Esvaziamento		10												Circuito vazio (tanques e flash).
180	16	Retorno de ácido	1700	10	x	x	x					16				[] em retorno >= 16 mS
182	17	Circulação de ácido		1200								18				Tempo: se perder a condição de [] em retorno, o tempo reinicia.
184	18	Entrada de água fria	950													Volume
36	19	Esvaziamento		10												Circuito vazio (tanques e flash).
186	20	Arrasto do ácido	1400	10	x	x	x						2			[] em retorno <= 2 mS
188	21	Enxaguamento com água fria	2000													Volume
12	22	Esvaziamento final		120												Circuito vazio (tanques e flash).
13	23	Fim de limpeza	10		x	x	x									-

CIP Soda + Ácido - P4 → Programa ??

Anexo 5 – Programa de CIP soda +
esterilização da Linha Barril TR

Fase	Passo	Condições de Fim de Fase										Objetivo do passo	Fluido	Origem do fluido	Destino do fluido	Critério de mudança
		Tempo (seg.)	Volume (litros)	Tempo cond. OK (seg.)	Flash pronto para CIP	Flash Vazio	Tanque de Retorno Vazio	Tanque Tampão Vazio	T01 OK (Tanque de Água Fria)	T02 OK (Tanque de Água Quente)	T04 OK (Tanque de Soda)	Temp. >= SP (°C)	Cond. >= SP (ms)	Cond. <= SP (ms)		
CIP Soda + Esterilização - P5	1	Aguarda as condições iniciais													-	Tanque tampão, tanque de retorno e flash vazios; temperatura e [] dos tanques CIP >= SP.
	2	Retirar filtros		5	x	x	x	x	x	x	x				-	Operadores dão ordem no automático de filtros retirados.
	3	Entrada de água fria	1750											3,5	tanque de água fria	-
	4	Esvaziamento		10	x	x	x							3,5	-	Volume
	5	Enxaguamento com água fria	3000											3,5	tanque de água fria	Circuito vazio (tanques e flash).
	6	Entrada de soda	1750											3,5	tanque de soda	Volume
	7	Esvaziamento		10	x	x	x							3,5	-	Volume
	8	Retorno de soda	3000	10							60	75		3,5	tanque de soda	Circuito vazio (tanques e flash).
	9	Circulação de soda		1200								70	75	3,5	tanque de soda	Temperatura em retorno >= 60 °C e [] em retorno >= 75 mS
	10	Entrada de água fria	1950											3,5	tanque de água fria	Tempo: se perder a condição de temperatura em retorno, o tempo renicia.
	11	Esvaziamento		10	x	x	x							3,5	-	Volume
	12	Arrasto da soda	3000	10								35	5	3,5	tanque de água fria	Circuito vazio (tanques e flash).
	13	Enxaguamento com água fria	3000											3,5	tanque de água fria	Temperatura em retorno <= 35 °C e [] em retorno <= 5 mS
	14	Colocar filtros		5											-	Volume
	15	Entrada de água quente	1750											3,5	tanque de água quente	Operadores dão ordem no automático de filtros colocados.
	16	Esvaziamento		10	x	x	x							3,5	-	Volume
	17	Retorno de água quente	3000	10							60			3,5	tanque de água quente	Circuito vazio (tanques e flash).
	18	Esterilização		1200								70		3,5	tanque de água quente	Temperatura em retorno >= 60 °C
	19	Entrada de água fria	1950											3,5	tanque de água fria	Tempo: se perder a condição de temperatura em retorno, o tempo renicia.
	20	Esvaziamento		10	x	x	x							3,5	-	Volume
	21	Arrasto de água quente	3000	10								35		3,5	tanque de água fria	Circuito vazio (tanques e flash).
	22	Enxaguamento com água fria	4550											3,5	tanque de água fria	Temperatura em retorno <= 35 °C
	23	Esvaziamento final		120	x	x	x							3,5	-	Volume
	24	Fim de limpeza	10												-	Circuito vazio (tanques e flash).

